はじめに

みなさん，こんにちは。
スタンダードレベル化学理論編では，化学の基礎から標準の問題を扱います。
少し余力のある方は，同じ単元のトップ＆ハイレベルの問題にもチャレンジしてみてください ね。

最後まであきらめず，やり抜きましょう。
応援しています。

坂田　薫

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

高3　スタンダードレベル化学　～理論編～　テキスト

目次

第１章　　化学計算の基礎

第１講　化学量と物質量

第２講　濃度・化学反応式と量的関係

第２章　　結晶格子

第３講　結晶格子（金属）

第４講　結晶格子（イオン・共有）

第３章　気体

第５講　気体

第６講　混合気体

第４章　物質の状態

第７講　飽和蒸気圧

第５章　反応の理論

第８講　熱化学①

第９講　熱化学②

第10講　反応速度

第11講　化学平衡

第６章　溶液

第12講　固体の溶解度

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第1章　化学計算の基礎

第1講　化学量と物質量

1　化学量

物質は原子の集合体であるため，化学計算のほとんどは，原子1個の量と個数を使っておこなう。しかし，原子1個の量を質量で表すと非常に小さく，また，物質を構成する個数は非常に多いため，ともに取り扱いが不便である。よって，原子1個の量，そして個数をどのように扱うかが化学計算では最も重要な基本事項である。

(1)　原子量

・原子量

質量数12の炭素原子(^{12}C)の質量を12としたときの，他の原子の相対的な質量。1 molの質量(モル質量：g/mol)と一致する。

・元素の原子量

通常，陽子の数が同じ原子(同位体)は化学的性質がほぼ同じであるため，同じ元素として扱っている。よって元素の量を扱うときは同位体の相対質量の平均値を使用する。これが元素の原子量であり，周期表に掲載されている数値である。

元素の原子量＝Σ[(同位体の相対質量)×(同位体の存在比)]

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

⑵　分子量・式量

・分子量

分子を構成している各原子の原子量の総和を分子量とよぶ。

例　CH_4の分子量

Hと C の原子量をそれぞれ1，12とすると，

$12 + 1 \times 4 = 16$

・式量

金属の単体やイオンで構成される物質のように，分子を形成しない物質の場合には，結晶を構成する原子数を最も簡単な整数比で表し，組成式とよんでいる。この組成式を構成する各原子の原子量の総和を式量とよぶ。

例　NaClの式量

NaとClの原子量をそれぞれ23，35.5とすると，

$23 + 35.5 = 58.5$

⑶　物質量

物質を構成する粒子は非常に多く，個数単位では扱いにくいため，アボガドロ数N_A（6.02×10^{23}個）の集まりを1 molとし，molという単位で表す物質の量を物質量とよぶ。

アボガドロ数N_Aとは$^{12}C = 12$ g中に含まれる炭素原子の数であり，6.02×10^{23}/molをアボガドロ定数とよぶ。

☆原子量やmolはきちんと理解して使っていこう。そうすれば，基準の変更などにもスムーズに対応できるはずである。また，分子などについて同位体を考慮する問題では，種類を問われているのか，存在比を問われているのか，きちんと確認しよう。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第1講　演習問題

1　白金は，原子番号78で，おもに四種類の同位体が存在する。同位体の存在比の多い順番に並べると，存在比34%の同位体の中性子の数は117個，同33%では116個である。存在比が三番目の同位体の中性子は118個，四番目の中性子は120個とすると，四番目に相当する同位体の存在比は何％か。整数値で答えなさい。ただし，上記四種類以外の同位体の存在比は1%以下であるため，計算上無視してよいものとする。また，白金の原子量は195.1とする。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　次の文章を読み，各問いに答えなさい。

原子は小さいので，原子1個の質量(絶対質量)も非常に小さい。このような絶対質量の数値では取り扱いが困難である。そのため質量数12の炭素原子^{12}C1個の質量を12とし，この^{12}C1個の質量12に対するそれぞれの原子の質量を相対質量として求める。元素には質量数が異なる同位体が存在するので，それぞれの同位体のうち放射性でない同位体(安定同位体)の相対質量を地球上の天然存在比を用いて平均として算出したのがその元素の原子量である。原子量は相対質量なので単位がない。物質を取り扱う場合には，質量や体積を使う必要があり，単位が必要である。そこで，^{12}Cの相対質量12にgを付けた量を1単位としたのが物質量である。

問1　水素の同位体^{1}H，^{2}H，^{3}Hの炭素12(^{12}C)を基準としたときの相対質量はそれぞれ1.00785，2.014102，3.010440である。このうち^{3}Hは放射性で，自然界にはこの3種の水素同位体がそれぞれ99.9885%，0.0115%，および極微量存在する。水素の原子量を小数点以下3桁まで求めなさい。

問2　自然界に存在する水素分子には質量の異なるものが何種類存在すると考えられるか。

問3　質量の異なる水素分子の中で，最も多く存在する分子と，2番目に多く存在する分子の比の値を有効数字2桁で求めなさい。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

3

問1　標準状態(0℃，1.013×10^5Pa)で560リットルの体積を占める理想気体の水素について以下の問いに答えよ。ただし水素の原子量は1.0とする。また，アボガドロ定数は6.0×10^{23}(/mol)とする。

(1)　水素の物質量は何molか計算せよ。

(2)　水素分子の数は何個あるか計算せよ。

問2　ある容器に，標準状態(0℃，1.013×10^5Pa)で1680Lの混合ガスが充填されている。混合ガスは，ヘリウム，窒素，酸素からなり，それぞれの体積組成は，30%，50%，20%である。この容器内に存在する原子の総数はいくらか。最も近い値を選べ。アボガドロ定数は6.0×10^{23}(/mol)とする。

㋐　2.3×10^{25}　㋑　4.5×10^{25}　㋒　5.4×10^{25}

㋓　7.7×10^{25}　㋔　9.0×10^{25}

第1講　確認テスト

1　次の文中，（　A　），（　B　），（　C　）に最も適合するものを，それぞれA群，B群，C群の(イ)～(ホ)から選びなさい。

(1)　天然のホウ素には $^{10}_{5}B$ が約20%，$^{11}_{5}B$ が約80%含まれている。$^{10}_{5}B$ と $^{11}_{5}B$ を互いに（　A　）という。$^{10}_{5}B$ と $^{11}_{5}B$ に含まれる中性子の数はそれぞれ（　B　）である。原子の相対質量はその質量数とほぼ等しいので，ホウ素の原子量は約（　C　）である。

A：(イ)　同素体　(ロ)　同位体　(ハ)　異性体　(ニ)　ラセミ体　(ホ)　同族体

B：(イ)　5個と5個　(ロ)　5個と6個　(ハ)　10個と5個　(ニ)　10個と11個

(ホ)　5個と11個

C：(イ)　10.0　(ロ)　10.2　(ハ)　10.5　(ニ)　10.8　(ホ)　11.0

2　標準状態（0℃，1.013×10^5Pa）で，ある気体4.5Lの質量は6.5gであった。この気体の分子量として最も近い値はどれか。

㋐　28　㋑　30　㋒　32　㋓　38　㋔　44

第2講　濃度・化学反応式と量的関係

2　濃度

反応は，粒子が衝突することで起こる。しかし，多くの物質は固体で存在しているため，動き回って衝突することができない。そこで，何かの液体(溶媒)に溶かし，溶液にすることで反応させていくのである。よって，反応していくのは溶けている物質(溶質)であり，溶媒は反応には関与しない。そこで化学計算では，反応していく物質，すなわち溶質がどのぐらいの濃さで存在しているのかに注目していく。それが濃度である。

(1)　濃度の定義

溶液に対する溶質の割合，または溶媒に対する溶質の割合で表す。

$$\text{濃度} = \frac{\text{溶質の量}}{\text{溶液または溶媒の量}}$$

(2)　濃度の表し方

・質量パーセント濃度

$$\text{質量パーセント濃度}(\%) = \frac{\text{溶質の質量}(\mathrm{g})}{\text{溶液の質量}(\mathrm{g})} \times 100$$

・(体積)モル濃度

$$\text{体積モル濃度}(\mathrm{mol/L}) = \frac{\text{溶質の物質量}(\mathrm{mol})}{\text{溶液の体積}(\mathrm{L})}$$

・質量モル濃度

$$\text{質量モル濃度}(\mathrm{mol/kg}) = \frac{\text{溶質の物質量}(\mathrm{mol})}{\text{溶媒の質量}(\mathrm{kg})}$$

☆濃度が絡む複雑な計算は，単位を明記して扱っていくと間違いにくい。戸惑ったら単位を書こう。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

3　化学変化と量的関係

化学の計算のほとんどは化学変化が起こるときのものである。よって，反応に関わる物質の量的関係を計算式にしていくことになる。様々な公式もここから生まれてきたものであり，化学の計算の根本である。

化学変化が起こると，粒子数すなわち物質量(mol)が変化する。これが，化学反応式の係数である。

よって化学反応の変化量計算は

① 化学反応式を書く。
② 与えられた情報を物質量(mol)に変える。
③ ①の係数を②で求めた物質量(mol)の比として関係式をつくる。

という手順で必ず解を得ることができる。

例題 0.25 mol/L の硫酸 20 mL を中和するために，2.0 %，0.99 g/mL のアンモニア水が何 mL 必要か。有効数字２桁で答えよ。

解：この化学反応式は次のように書ける。

$$H_2SO_4 + 2NH_3 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4$$

これより硫酸とアンモニアの mol 比は１：２である。

よってアンモニア水の体積を V mL とすると，

$$0.25 \times \frac{20}{1000} \times 2 = 0.99 \times V \times \frac{2.0}{100} \times \frac{1}{17}$$

$V = 8.58\cdots$ 答 **8.6 mL**

☆上記の計算を行うためには，化学反応式が書けなくてはならない。これから各単元で反応について学び，反応式を作れるようになろう。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第2講　演習問題

1　次の文章の空欄 1 ～ 5 に該当する最も適切なものを，それぞれの解答群から選べ。ただし，25℃におけるオクタン，ベンゼンの密度をそれぞれ0.70g/cm^3，0.87g/cm^{3}とし，1L = 10^{3}cm^{3}とする。また，原子量は，H=1.0，C=12とする。なお，オクタンを溶質とし，ベンゼンを溶媒とする。

40mLのオクタンC_8H_{18}と30mLのベンゼンC_6H_6を混合した。この混合溶液の25℃における密度は0.76g/cm^{3}であった。この混合溶液の質量は 1 gであり，体積は 2 mLである。また，この混合溶液中のオクタンのモル濃度は 3 mol/L，質量パーセント濃度は 4 %となる。次に，この混合溶液に，さらに 5 mLのベンゼンを加えて混合したところ，25℃におけるオクタンの質量モル濃度は4.7mol/kgになった。

1 ， 2 ， 4 ， 5 に対する解答群

① 10	② 20	③ 30	④ 35	⑤ 40	⑥ 43	⑦ 50
⑧ 52	⑨ 54	⓪ 57	ⓐ 60	ⓑ 62	ⓒ 69	ⓓ 70
ⓔ 71	ⓕ 75	ⓖ 80	ⓗ 90	ⓘ 92	ⓙ 100	

3 に対する解答群

① 0.17　② 0.42　③ 3.5　④ 3.8　⑤ 4.2　⑥ 6.7

2　硫酸銅(Ⅱ)五水和物(式量250)5gを用いて0.05mol/Lの硫酸銅(Ⅱ)水溶液を作りたい。溶液の体積を何mLにすればよいか。

① 0.4	② 2	③ 4	④ 10	⑤ 20
⑥ 40	⑦ 100	⑧ 200	⑨ 400	⑩ 1000

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

3　以下の問いに答えなさい。ただし，水の密度を1.00g/mLとする。H_2SO_4の分子量98。

問1　密度1.40g/mL，質量パーセント濃度50.0%の硫酸（A液とする）がある。このA液のモル濃度（mol/L）はいくつか，次の中から最も近いものを選び，記号で答えなさい。

(a) 3.64mol/L　(b) 5.10mol/L　(c) 6.86mol/L
(d) 7.14mol/L　(e) 7.28mol/L　(f) 10.2mol/L

問2　2.00mol/Lの硫酸を500mLつくるには，上記A液は何mL必要であるか，次の中から最も近いものを選び，記号で答えなさい。

(a) 35mL　(b) 69mL　(c) 70mL　(d) 137mL
(e) 140mL　(f) 143mL

問3　上記A液を希釈して，密度1.22g/mL，質量パーセント濃度30.0%の硫酸を100mLつくるには，A液は何mL必要であるか，次の中から最も近いものを選び，記号で答えなさい。

(a) 5.23mL　(b) 10.5mL　(c) 20.9mL　(d) 26.2mL
(e) 52.3mL　(f) 63.8mL

問4　問3の硫酸をつくる時に必要な水の量は何mLか，小数点以下1位までで答えなさい。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

4　エチレンの完全燃焼は次式で示される。原子量はC：12，H：1，O：16とする。

$$C_2H_4(気) + 3O_2(気) \longrightarrow 2CO_2(気) + 2H_2O(液)$$

(1)　エチレン280gが完全燃焼されて発生する二酸化炭素は何gになるか計算せよ。

(2)　反応開始前にエチレンの物質量が4mol，酸素の物質量が20molであるとする。エチレンを完全燃焼させたあとに残る全気体の物質量は何molかを計算せよ。

5　1000mLの酸素に紫外線を照射したところ，酸素の一部がオゾンに変わり，体積が980mLとなった。この混合気体中のオゾンの体積百分率を求めよ。ただし，温度と圧力は変化しないとする。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第2講　確認テスト

1　96％硫酸の密度は1.84g/cm^{3}である。この硫酸と純水を用いて濃度0.10mol/Lの硫酸200cm^{3}をつくるとき，96％硫酸は何cm^{3}必要か。解答群から，最も適切なものを一つ選べ。

［解答群］

① 0.28cm^3　② 0.55cm^3　③ 1.1cm^3　④ 1.7cm^3

⑤ 2.2cm^3　⑥ 2.8cm^3　⑦ 3.3cm^3　⑧ 4.5cm^3

2　酸素にスズ箔を用いて無声放電すると，その一部が次の反応によってオゾンに変化する。

$$3O_2 \longrightarrow 2O_3$$

標準状態(0℃，1.013×10^5Pa)で200mLの酸素に無声放電すると，その一部がオゾンに変化して，体積が185mLになった。このとき生じたオゾンの体積は，標準状態(0℃，1.013×10^5Pa)で何mLか。最も適当なものを，次の中から一つ選べ。［　　］mL

① 15　② 30　③ 45　④ 60　⑤ 75

第2章　結晶格子

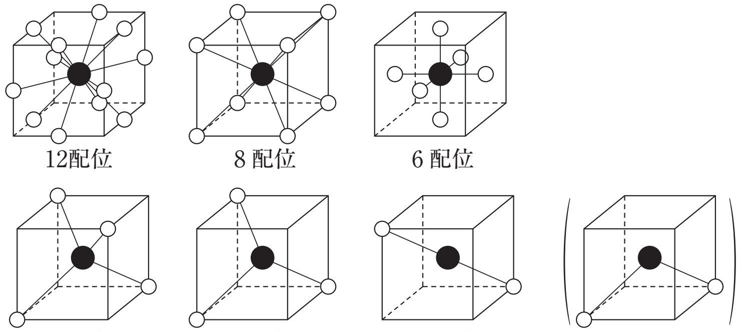
第3講　結晶格子（金属）

1　結晶と単位格子

多くの固体は結晶で存在している。結晶とは，粒子が規則正しく配列しているものである。よって，最小の繰り返し単位を取り出して考えるとわかりやすい。これが単位格子である。その結晶がどんな単位格子になるのか，それはどんな結合をしているかで決まる。

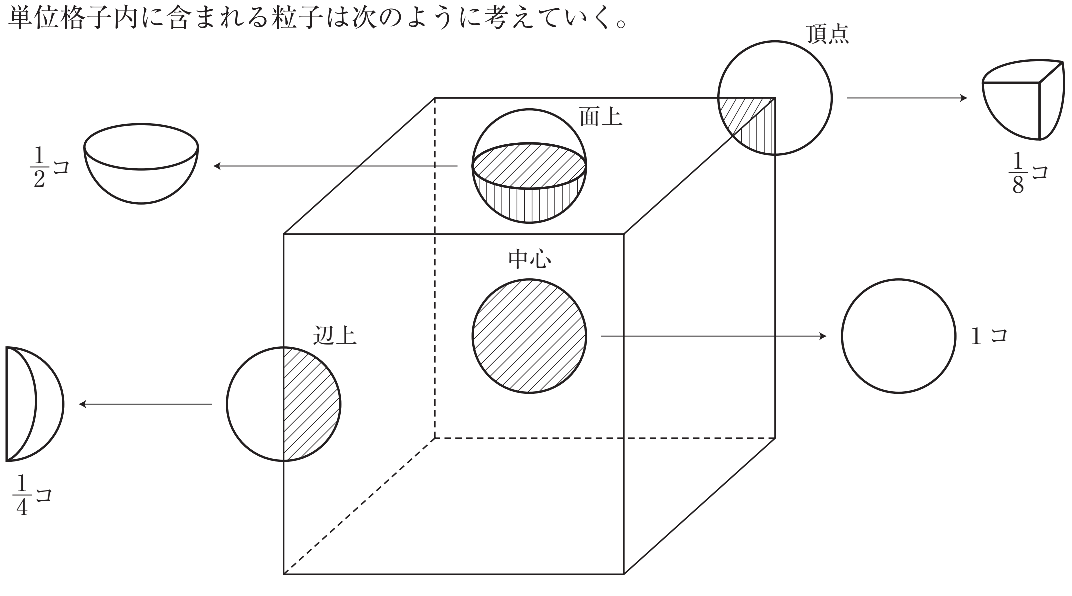
(1)　配位数

結晶構造をとらえるとき，一つの粒子が何個の粒子に囲まれているかに注目するとよい。それが配位数であり，最近接粒子数ともいう。配位数の最大値は12であるため，各結晶構造は，配位数が12以下でかつ対称性の高い構造のみとなる。



(2)　粒子数

単位格子内に含まれる粒子は次のように考えていく。

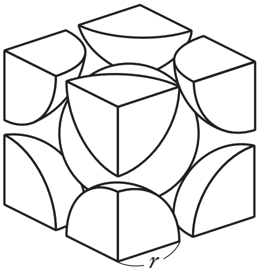


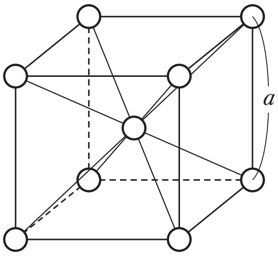
©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　金属結晶

金属結合は金属の陽イオンと自由電子による結合である。よって，自由電子が金属イオンをつなぎとめやすいよう，金属イオンはできるだけ密になっていなくてはならない。よって配位数の大きな構造となる。

(1)　体心立方格子：配位数8

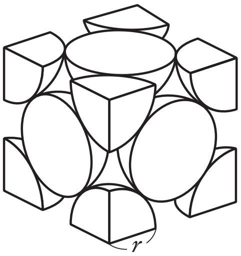


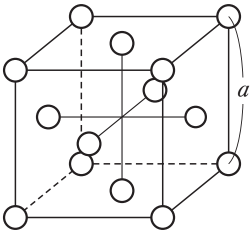


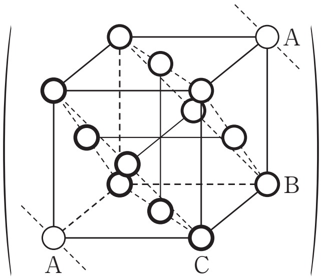
粒子数(n)	2
格子の一辺(a)と 原子半径(r)の関係式	$r=\frac{\sqrt{3}}{4}a$
充填率	0.68(68%)

(2)　最密構造：配位数12

①面心立方格子





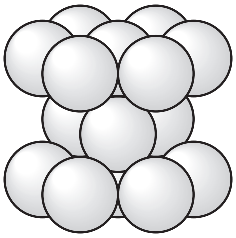


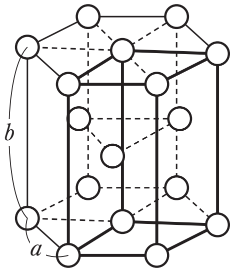
粒子数(n)	4
格子の一辺(a)と 原子半径(r)の関係式	$r=\frac{\sqrt{2}}{4}a$
充填率	0.74(74%)

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

②六方最密構造





粒子数(n)	6 (単位格子中；2)
格子底辺の一辺(a)と 原子半径(r)の関係式	$r=\dfrac{a}{2}$
格子の高さ(b)と 原子半径(r)の関係式	$b=\dfrac{4\sqrt{6}}{3}r$
充填率	0.74(74%)

(3)　**金属結晶の性質**

・電気伝導性

・熱伝導性

・延性，展性

・金属光沢

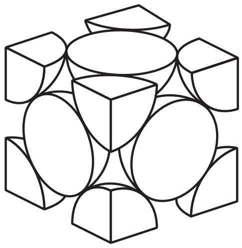
©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第3講　演習問題

1　鉄の結晶は単位格子の一辺の長さが2.9×10^{-8}cmの体心立方格子である。鉄の結晶密度を$7.9 g/cm^3$, アボガドロ定数を6.0×10^{23}/molとして鉄の原子量を有効数字2桁で求めよ。ただし，$(2.9)^3 = 24.3$とする。

2　常温におけるニッケルの結晶格子は，通常，面心立方格子で，その単位格子は下の図のように示される。下記の問いに答えなさい。ただし，ニッケルの原子は球形粒子とみなし，最も近い距離にあるニッケル原子同士は接しているものとする。また，ニッケルの原子量は58.7とする。



問1　ニッケルの結晶の単位格子内には，ニッケル原子は何個含まれているか，答えなさい。

問2　ニッケルの結晶の単位格子について，原子1個と接しているほかの原子の数はいくつか，答えなさい。

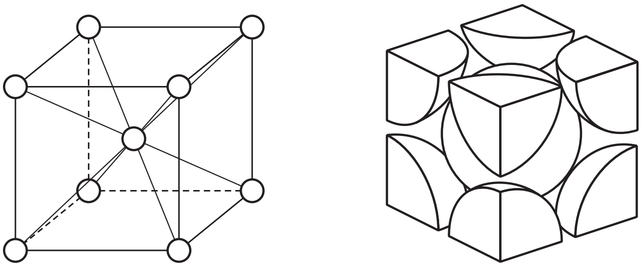
問3　ニッケルの原子半径をr(cm)とすれば，ニッケルの単位格子の1辺の長さは何cmか。rを用いて示しなさい。ただし，平方根はそのまま用いなさい。

問4　ニッケルの単位格子の一辺の長さを3.52×10^{-8}cmとした場合，ニッケルの結晶の密度は何g/cm^3か，有効数字2桁で答えなさい。なお，近似値として$3.52^3 = 43.6$を用いなさい。また，アボガドロ定数は6.02×10^{23}(/mol)とする。

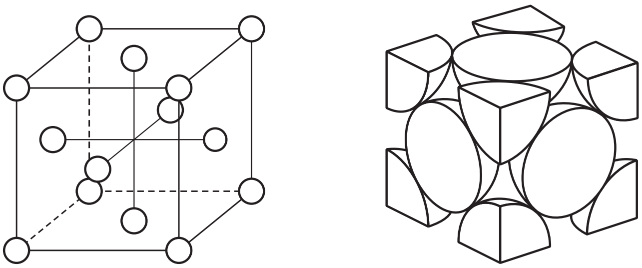
©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

3　鉄は温度上昇に伴って，900℃付近までは(1)の結晶格子をつくるが，900～1400℃の温度では結晶格子が(2)に変化する。鉄の結晶格子が(1)から(2)に変化したとき，鉄の密度は何倍になるか，有効数字2桁で答えなさい。ただし，鉄原子の直径を2.5×10^{-8}cm，$\sqrt{2} = 1.41$，$\sqrt{3} = 1.73$とする。



(1)



(2)

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第3講　確認テスト

1　X線を用いてナトリウムの結晶を調べたところ，単位格子の1辺が4.28×10^{-8}cmの体心立方格子であることがわかった。次の問1〜3に答えよ。ただし，原子量はNa = 23，$\sqrt{2} = 1.41$，$\sqrt{3} = 1.73$，アボガドロ定数は6.02×10^{23}/molとする。

問1　単位格子中に含まれるナトリウム原子(Na)の数と結晶格子の配位数として，正しい組合せを一つ選べ。

	Naの数	配位数
1	2	4
2	2	6
3	2	8
4	2	12
5	4	4
6	4	6
7	4	8
8	4	12

問2　ナトリウム原子の半径(cm)に最も近い値を選べ。

1. 0.7×10^{-8}　2. 1.0×10^{-8}　3. 1.3×10^{-8}　4. 1.6×10^{-8}
5. 1.9×10^{-8}　6. 2.2×10^{-8}　7. 2.5×10^{-8}　8. 2.8×10^{-8}

問3　この結晶の密度(g/cm^3)に最も近い値を選べ。

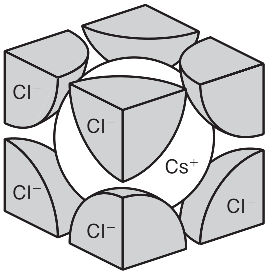
1. 0.1　2. 0.2　3. 0.5　4. 1.0　5. 1.4　6. 2.1
7. 2.7　8. 4.9

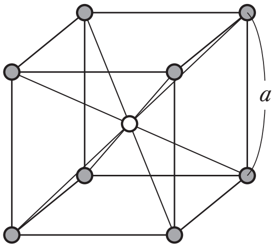
第4講　結晶格子（イオン・共有）

3　イオン結晶

イオン結合は陽イオンと陰イオンの間に働くクーロン力による結合である。よって，できるだけたくさんの反対符号のイオンに囲まれたほうがよいため，配位数の大きな構造になる。ただし，陽イオンと陰イオンは大きさが異なるため，最大配位数の12をとることはできない。

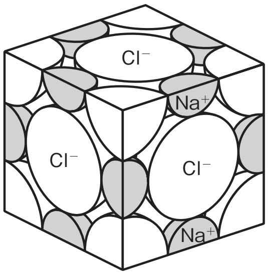
(1)　塩化セシウム型：配位数8

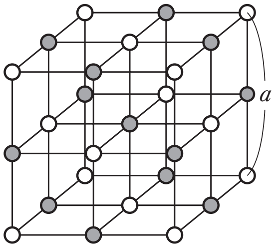




粒子数(n)	Cs^+：1　Cl^-：1　CsCl：1
格子の一辺の長さ(a)と イオン半径$(r_+,\ r_-)$の関係式	$\frac{\sqrt{3}}{2}a=(r_++r_-)$

(2)　塩化ナトリウム型：配位数6





粒子数(n)	Na^+：4　Cl^-：4　NaCl：4
格子の一辺の長さ(a)と イオン半径$(r_+,\ r_-)$の関係式	$a=2(r_++r_-)$

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

⑶　**性質**

・硬いがもろい

・結晶は電気を通さないが融解液や水溶液にすると電気を通す

・融点はイオン間距離とイオンの価数で決まる

クーロン力

$$f = k \times \frac{Z_+ \cdot Z_-}{r^2}$$

（参考）

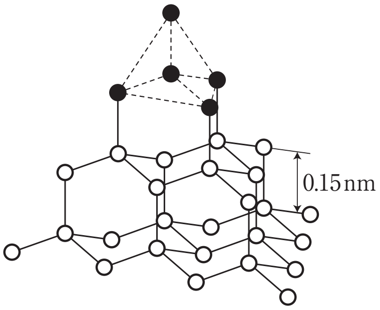
	$Z_+ \cdot Z_-$	r(nm)	融点(℃)		$Z_+ \cdot Z_-$	r(nm)	融点(℃)
NaF	1	0.231	993	CaF_2	2	0.236	1360
NaCl	1	0.282	800	BaF_2	2	0.268	1280
NaBr	1	0.298	755	CaO	4	0.240	2572
NaI	1	0.323	651	BaO	4	0.276	1923

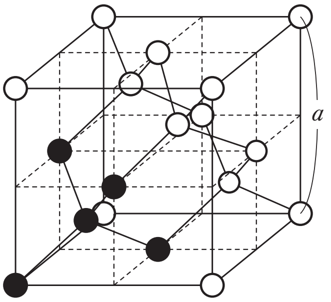
ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

4　共有結合結晶

共有結合は，非金属原子が不対電子を出し合って電子対をつくり，それを共有することによってできる結合である。共有できるのは最外殻の電子であるため，最大で8個すなわち4対である。この共有結合のみでできているのが共有結合結晶であり，4対全てを共有するため，配位数は4である（黒鉛は例外）。

(1) ダイヤモンド型

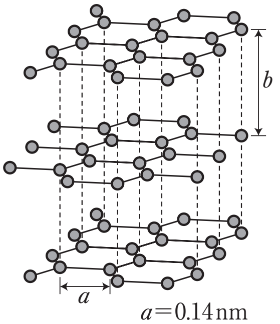




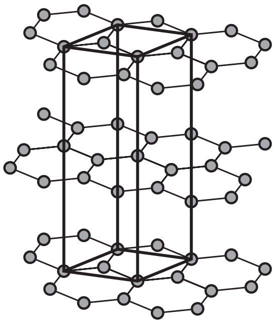
粒子数(n)	8
格子の一辺の長さ(a)と原子半径(r)の関係式	$r=\frac{\sqrt{3}}{8}a$
充填率	0.34（34％）

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

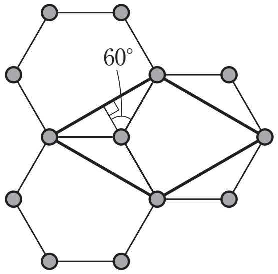
(2) 黒鉛



$a = 0.14\,\mathrm{nm}$
$b = 0.34\,\mathrm{nm}$



単位格子は左図の太線で囲んだ四角柱となる。
底面は下図の太線部分である。



(3) 性質

- 非常に硬く融点も高い
- 黒鉛は層状構造であり，層間ははがれやすく，電気伝導性がある

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第4講　演習問題

1　次の文章を読み，(i)～(iii)の問いに答えよ。

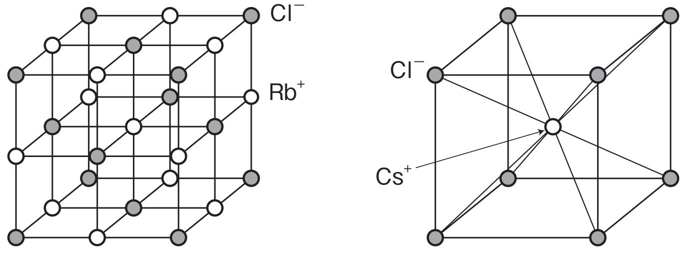
塩化ルビジウム(RbCl)および塩化セシウム(CsCl)は，室温でそれぞれ図に示した模型で表されるイオン結晶の構造をとる。これらの結晶では陽イオンと陰イオンが規則正しく配列しており，この最小単位を単位格子とよぶ。塩化ルビジウムの単位格子には塩化物イオンとルビジウムイオンがともに［ア］個，塩化セシウムの単位格子には塩化物イオンとセシウムイオンがともに［イ］個含まれている。

塩化ルビジウムの単位格子の1辺の長さとルビジウムイオンの半径は，それぞれ0.66nm，0.15nmであり，塩化セシウムの単位格子の1辺の長さは0.41nmである。したがって，塩化物イオンの半径は［A］nmとなる。また，セシウムのイオン半径は［B］nmとなり，塩化セシウムの結晶の密度は［C］g/cm^3となる。

(i)　文章中の［ア］および［イ］にあてはまる数値を記せ。

(ii)　文章中の［A］および［B］にあてはまる数値を，有効数字2桁で記せ。ただし，塩化ルビジウムと塩化セシウムの両結晶で塩化物イオンの半径は等しいと仮定する。$\sqrt{3} = 1.73$とする。

(iii)　文章中の［C］にあてはまる数値を，有効数字2桁で記せ。ただし，$0.41^3 = 0.070$として計算せよ。CsClの式量168，アボガドロ定数は6.0×10^{23}(/mol)とする。



図

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　ケイ素はダイヤモンドと同じ結晶構造をもつ。図はケイ素の結晶の単位格子を示したものである。(i)～(iii)の問いに答えよ。ケイ素の単位格子は立方体で，一辺の長さは0.543nmである。ただし，必要に応じて，以下の値を用いよ。

原子量：Si = 28.0　アボガドロ定数：6.0×10^{23}/mol　$\sqrt{2} = 1.4$，$\sqrt{3} = 1.7$
$1\text{nm} = 1 \times 10^{-9}\text{m}$

(i)　ケイ素原子間の結合の長さ(nm)を計算し，有効数字2桁で記せ。

(ii)　単位格子中に存在するケイ素原子の数を記せ。

(iii)　ケイ素の密度(g/cm^3)を計算し，有効数字2桁で記せ。ただし，ケイ素の結晶の単位格子の体積は0.160nm^3である。

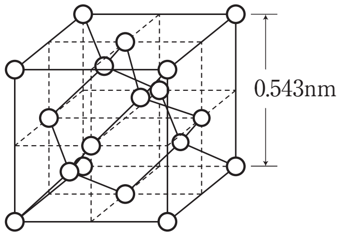


図　ケイ素の単位格子

3　ドライアイスは二酸化炭素CO_2分子の結晶で面心立方格子の結晶構造をとる。以下の問(ア)，(イ)に答えよ。

(ア)　単位格子中に含まれるCO_2分子は何個か。

(イ)　この結晶の密度は何g/cm^3か。有効数字2桁で答えよ。ただし，単位格子の一辺の長さは5.6×10^{-8}cm，アボガドロ定数は6.0×10^{23}/molとする。CO_2の分子量44とし，$(5.6)^3 = 176$とする。

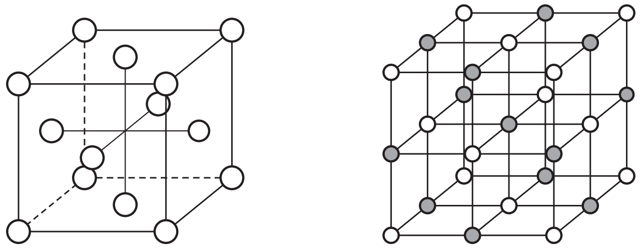
©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第4講　確認テスト

1　次の文章の空欄（　A　）～（　C　）にあてはまる数値をそれぞれの解答群から選び，記号で答えよ。

下図左はCuの単位格子，下図右はNaClの単位格子を表している。Cuの単位格子中には，Cu原子が（　A　）個含まれている。一方，NaClの単位格子では，下図左でCu原子が占めている位置にCl^-イオンが存在し，Na^+イオンは各辺の中央と立方体の中心に存在する。したがって，単位格子中に存在するNa^+イオンの数は（　B　）個である。単位格子の角にあるCl^-イオンに着目すると，その最も近くにあるNa^+イオンの中で，図中に表されていないNa^+イオンは（　C　）個である。

A：(イ)　2　　(ロ)　4　　(ハ)　7　　(ニ)　9　　(ホ)　14
B：(イ)　2　　(ロ)　4　　(ハ)　7　　(ニ)　9　　(ホ)　14
C：(イ)　0　　(ロ)　1　　(ハ)　3　　(ニ)　5　　(ホ)　9



©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第3章　気体

第5講　気体

1　気体

気体に関する法則は，1600年代のボイルの法則，1700年代のシャルルの法則，そして1800年代の状態方程式というように，歴史的背景から学びがちである。もちろん歴史は大切である。しかし，気体の計算をマスターするために本当に必要なのは，気体とは何なのか，気体の体積・圧力とは何なのかを理解し，自分で状態方程式を説明できるようになることであろう。

(1)　気体

気体は分子の熱運動が激しく，分子間距離が大きいため，ファンデルワールス力をはじめとする分子間力がほぼ0である。それにより分子は自由に運動し，空間に分散していくため，体積は一定ではなく，空間全体に対する分子の大きさは無視できる状態である。

・気体の体積 V（Volume）	：気体が動き回れる空間の広さ。
・気体の圧力 P（Pressure）	：気体が容器に衝突する力を単位面積あたりで表したもの。 1.013×10^5 Pa = 760 mmHg = 1 atm
・気体の温度 T（Temperature）	：空間の温度であるが熱運動の激しさを表すともいえる。 セルシウス温度［℃］ではなく，絶対温度［K］で表す。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

⑵ 気体の状態方程式

理想気体は，分子間力と分子の体積(大きさ)を無視しているため，次の式が成立する。

$$PV = nRT$$

n：物質量 mol，R：気体定数 8.31×10^3 Pa・L/(mol・K)

これが状態方程式である。

また，物質量 $n = \dfrac{\text{質量}\,w}{\text{分子量}\,M}$ が成立するため，上記の式は次のように変形できる。

$$PV = \frac{w}{M}RT$$

よって密度を d (g/L) とすると，

$$M = \frac{w}{V}\cdot\frac{RT}{P} = d\cdot\frac{RT}{P}$$

となる。

以上より，

・気体の状態方程式から分子量を求めることができる
　（分子量測定→デュマ法）
・PT 一定のもとでは，気体の分子量は密度に比例する

ことがわかる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

⑶　気体の計算

①変化がない場合

何も変化が起こってない場合，または比較する対象がない場合は状態方程式に数値を代入して，知りたいものを導くしかない。

例題　27℃，1.0×10^5 Pa で 1.0 mol の N_2 の体積は何Ｌか。　　**解**：25 L

②物理的変化がある場合

気体の置かれた環境に変化がある場合，すなわち物理的変化がある場合には，変わらないものに注目して立式していく。また，環境の異なる気体どうしは比較するときにも有効である。

例題　5.0 L の容器に N_2 が 27℃，1.0×10^5 Pa で入っている。327℃に変えると圧力は何 Pa になるか。　　**解**：2.0×10^5 Pa

〈参考〉：n と T が一定の場合→ $P \propto V^{-1}$（ボイルの法則）
n と P が一定の場合→ $V \propto T$（シャルルの法則）
P と T が一定の場合→一定体積中に含まれる気体の粒子数 n は，気体の種類によらず一定。
すなわち $V \propto n$（アボガドロの法則）

③化学的変化がある場合

気体が化学変化を起こした場合には，化学反応式を書き，反応前，変化量，反応後がわかる表をつくっていく。

例題　5.0 L の容器に CH_4 3.0 kPa，O_2 8.0 kPa でいれ，燃焼させた。このとき，反応後の容器の圧力は何 kPa になるか。ただし，H_2O はすべて液体とし，反応前後で温度は変化しないものとする。　　**解**：5.0 kPa

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第５講　演習問題

1　内容積500mLの丸底フラスコの口に，針で小さく穴を開けたアルミニウム箔のふたをかぶせた。このフラスコとアルミニウム箔の質量を測ったところ258.25gであった。このフラスコ内に，標準状態（0℃，1.013×10^5Pa）では液体で沸点が100℃以下のある純粋な物質Aを5.00mL入れてアルミニウム箔のふたをかぶせ，図のように内部が観察できる電気炉に入れて物質Aを100℃で気化させた。完全に気化した後に，ただちにふたをしたままフラスコを取り出して室温にまで放冷すると，底に液体が凝縮して溜まった。このふた付きのフラスコの質量を測ったところ，259.20gであった。この実験から物質Aの分子量を求めて，その分子式を下記から選べ。

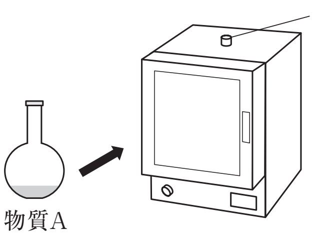


図　実験装置

ただし，気体状態の物質Aは理想気体として考えてよい。また，原子量はH=1.0，C = 12，N=14，O = 16，大気圧は1.00×10^5Pa，気体定数は8.3×10^3Pa·L/(mol·K)として計算せよ。なお，放冷中はフラスコ内の物質Aや，空気中の水の出入りはなかったものとする。

分子式　C_2H_6O，C_3H_9N，C_5H_{10}，C_4H_8O，$C_4H_{11}N$

2　ある液体0.20gを気化させ，その気体の体積を測定した。その結果，温度27℃，圧力 9.70×10^4 Paで，体積は30mLであった。次の⑴，⑵に答えよ。解答は小数点１位まで示せ。気体定数は 8.3×10^3 Pa·L/(mol·K)とする。

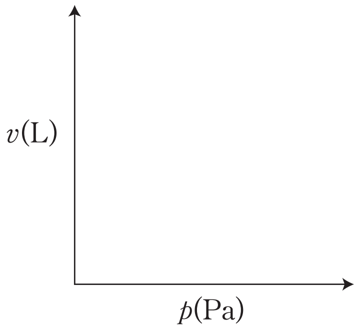
⑴　この気体の分子量はいくらか。

⑵　標準状態(0℃，1.013×10^5 Pa)における体積はいくらか。

3　密封容器に入れた理想気体に対して次の⑴と⑵の変化を連続的に生じさせたとき，pとvの関係はどのようになるか。以下の解答欄に⑴と⑵の変化がわかるように，その様子を描け。

⑴　物質量n(mol)と圧力p(Pa)を一定にして，温度t(K)を増加させる。

⑵　物質量n(mol)と温度t(K)を一定にして，圧力p(Pa)を減少させる。



第５講　確認テスト

1

問１　ある揮発性の液体0.27gを完全に蒸発させると，その蒸気の体積は，47℃，1.0×10^5Paで0.10Lであった。この物質の分子量はいくらか。最も近い値を，次の(ア)～(オ)の中から一つ選べ。ただし，気体定数は8.3×10^3Pa･L/(mol･K)とする。

(ア)　34　(イ)　44　(ウ)　72　(エ)　136　(オ)　180

問２　温度27℃，圧力2.00×10^5Paで体積30.0Lの窒素がある。この窒素を温度127℃，圧力1.50×10^5Paにすると，体積は何Lになるか。最も近い値を，次の(ア)～(オ)の中から一つ選べ。

(ア)　20.0　(イ)　22.5　(ウ)　40.0　(エ)　53.3　(オ)　188

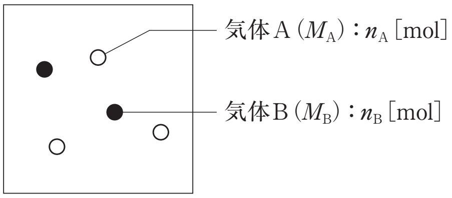
ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第６講　混合気体

２　混合気体

一番身近な気体である空気は，主に窒素や酸素からなる混合気体である。このような混合気体をとらえていくときには，構成している気体ごと(空気なら窒素と酸素)にわけて考えていく。このとき，何に注目して気体をわけていくのかが鍵となる。

(1)　平均分子量

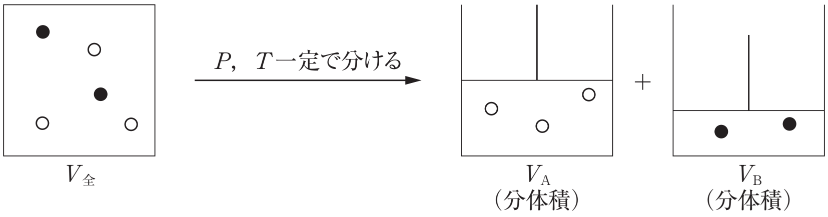


混合気体の場合, 分子量は平均分子量で表す。

$$\overline{M} = M_A \times \frac{n_A}{n_A + n_B} + M_B \times \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

(2)　扱いかた

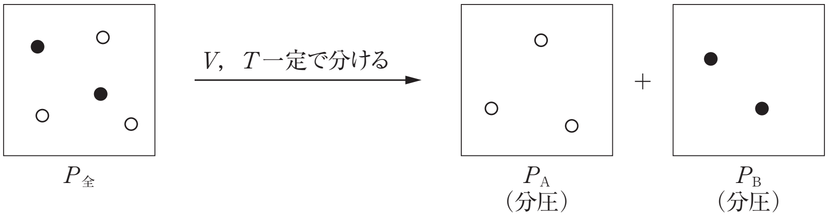
①体積を分ける(分体積)



$V_{全} = V_A + V_B$

$V_A : V_B = 3 : 2$

②圧力を分ける(分圧)



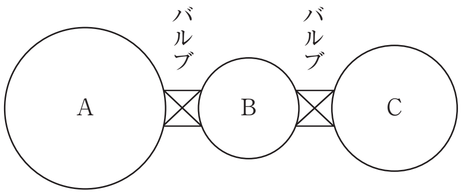
$P_{全} = P_A + P_B$

$P_A : P_B = 3 : 2$

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第6講　演習問題



図

1　図のように3つの容器A（体積　4L），B（体積　1L），C（体積　2L）が閉じたバルブによって連結されている。温度27℃で容器Aには1.0×10^5Paの水素が，容器Bには8.0×10^5Paのヘリウムが，容器Cには1.0×10^5Paのアセチレンが入っている。以下の(1)～(3)の問いの答えとして，最も適切な数値を(イ)～(ヘ)の中から一つずつ選びなさい。なお，気体はすべて理想気体とし，バルブの体積は無視できるものとする。

また，気体定数は8.3×10^3Pa·L/(mol·K)とする。

(1)　容器Aに入っている気体の物質量は何molか。

(イ)　0.020　(ロ)　0.040　(ハ)　0.080　(ニ)　0.16
(ホ)　0.24　(ヘ)　0.32

(2)　2つのバルブを開けて，3種類の気体を十分に混合させたとき，容器内のヘリウムの分圧は何Paか。ただし，温度は27℃で変わらないものとする。

(イ)　1.4×10^3　(ロ)　2.9×10^3　(ハ)　5.7×10^4　(ニ)　1.1×10^5
(ホ)　2.3×10^5　(ヘ)　4.6×10^5

(3)　容器Bにヘリウムと一緒に触媒を入れておいたところ，バルブを開けたときアセチレンは水素と反応してすべてエタンに変化した。反応が完結した後の容器内の全圧は何Paか。ただし，触媒の体積は無視することができ，反応後の容器の温度は27℃とする。

(イ)　2.9×10^4　(ロ)　5.7×10^4　(ハ)　1.1×10^5　(ニ)　1.4×10^5
(ホ)　2.9×10^5　(ヘ)　5.7×10^5

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　次の文章を読んで，(1)～(4)の問いに答えよ。

温度を調節できる容器Aと容器BがコックCでつながっており，最初コックCは閉じられている。容器Aの体積は1.00Lで，この容器には質量1.12gの1種類の炭化水素Dが気体の状態で入っている。容器Bには酸素が入っている。これらの容器について以下の①から③の操作を行った。コックCの体積は無視できるとする。

また，気体定数は8.31×10^3Pa·L/(mol·K)とする。

① 容器Aと容器Bの温度を50℃に保つと，容器Aの圧力が1.07×10^5Paに，容器Bの圧力が2.15×10^5Paになった。

② 容器Aと容器Bの温度を50℃に保ったまま，コックCを開いて十分な時間をおき気体を均一に混合させると，圧力が1.88×10^5Paになった。

③ コックCを閉じ容器Aの中の気体に点火して，炭化水素Dを完全燃焼させた。次に，容器内の物質をすべて気化させて，十分な量の塩化カルシウム($CaCl_2$)を詰めた管を通し，残った気体を再び容器Aに戻し温度を50℃にした。

(1) 炭化水素Dとしては次の(ア)～(エ)のどれが適当か。記号で答えよ。

(ア) CH_4　(イ) C_2H_4　(ウ) C_3H_6　(エ) C_4H_8

(2) 容器Bの体積は何Lか。有効数字2けたで答えよ。

(3) ②の操作の後の酸素の分圧は何Paか。有効数字2けたで答えよ。

(4) ③の操作の後の容器Aの圧力は何Paか。有効数字2けたで答えよ。

第6講　確認テスト

1　メタン6.40gと窒素8.40gと水素1.60gを混合し，標準状態（0℃，1.013×10^5Pa）に保った。(1)と(2)に答えよ。ただし，気体は理想気体とし，気体定数は8.3×10^3Pa·L/(mol·K)とする。また，原子量はH=1.0，C=12，N=14とする。

(1)　窒素の分圧は何Paか。最も近い値をa～eから選べ。

a.　2.03×10^4　b.　3.04×10^4　c.　4.05×10^4　d.　1.01×10^5　e.　1.52×10^5

(2)　混合気体の体積は何Lか。最も近い値をa～eから選べ。

a.　6.72　b.　15.7　c.　22.4　d.　33.6　e.　44.8

第4章　物質の状態

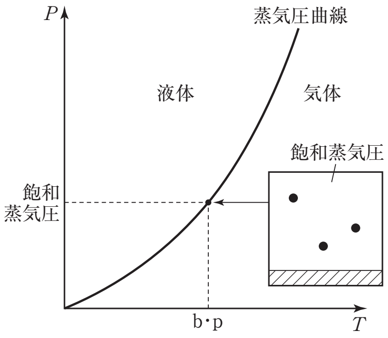
第7講　飽和蒸気圧

1　飽和蒸気圧

沸点の低い液体は簡単に気体(蒸気)になり，閉鎖系では気体と液体が共存しやすい。このときの気体と液体の間の平衡(気液平衡)をとらえていく。この状態変化を含む複雑な計算に対応していくためには，蒸気圧をマスターしなくてはならない。

(1)　飽和蒸気圧

蒸気の圧力の限界値を飽和蒸気圧という。
下図のように液体と蒸気が共存し平衡状態になっている場合，蒸気の圧力は，温度が変わらない限り一定値をとる。



©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

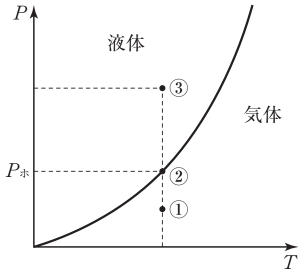
(2)　**蒸気を含む気体の計算**

全て気体と仮定して蒸気の圧力Pを求め，飽和蒸気圧($P_{ホ}$とする)と比較する。

① $P<P_{ホ}$のとき・・・全て気体

② $P=P_{ホ}$のとき・・・液化が始まる瞬間

③ $P>P_{ホ}$のとき・・・液体＋気体



☆状態変化が絡む問題については，状態図と蒸気圧をクリアしなくてはならないが，それ以前に，第3章の気体を理解しておかなくてはならない。苦手な人は第3章から復習しよう。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第7講　演習問題

1　次の問1と問2の空欄に適する数値を一つ選び，記号で答えよ。
ただし，気体定数は8.3×10^3Pa·L/(mol·K)とする。

問1　0℃，1.013×10^5Paで，体積1.12LのN_2と4.60gのエタノールをピストン付きの容器に入れ，57℃で容積を2.37Lにした。このとき，気体として存在するエタノールの物質量〔mol〕はN_2の物質量〔mol〕の［1］倍になる。ただし，57℃におけるエタノールの飽和蒸気圧は0.405×10^5Paとする。

①　0.10　②　0.20　③　0.40　④　0.50　⑤　0.70
⑥　1.1　⑦　1.4　⑧　2.0　⑨　2.8　⓪　3.4

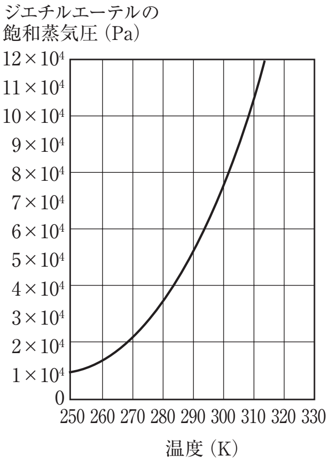
問2　問1の容器を57℃で9.50Lにしたとき，気体として存在するエタノールの分圧は，N_2の分圧の［2］倍になる。

①　0.12　②　0.18　③　0.37　④　0.50　⑤　0.71
⑥　1.4　⑦　1.7　⑧　2.0　⑨　2.8　⓪　4.4

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　体積を自由に変えることができるピストン付きの容器に，窒素とジエチルエーテルを同じ物質量ずつ入れた。温度を330Kにして，容器の体積を6.0Lにしたとき，容器内のジエチルエーテルはすべて気体になっていた。このときの混合気体の全圧は，1.00×10^5Paであった。ジエチルエーテルの蒸気圧曲線は図の通りである。
気体定数は8.3×10^3Pa·L/(mol·K)とする。



問１　ジエチルエーテルの物質量(mol)を求め，3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。

問２　ピストンを動かして混合気体の全圧を1.00×10^5Paに保ちながら，温度を330Kから267Kまで徐々に下げていった。以下の(a)～(d)の各温度において，容器内にジエチルエーテルの液体が存在しているものをすべて選び，その記号を記せ。無い場合は「無し」と記すこと。

(a)　308K　　(b)　300K　　(c)　292K　　(d)　284K

問３　問2の最後の状態(全圧1.00×10^5Pa，温度267K)における窒素の分圧(Pa)と混合気体の体積(L)を求め，3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。ただし，267Kにおけるジエチルエーテルの飽和蒸気圧は1.7×10^4Paとする。

問４　問3において，凝縮(液化)していたジエチルエーテルの物質量(mol)を求め，3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

［3］　次の文章を読み，以下の問いに答えよ。ただし，27℃での水の飽和蒸気圧は，3.6×10^3Pa であり，気体は理想気体の状態方程式に従うものとする。また，気体の水への溶解，ピストンの質量は無視できるものとする。気体定数は 8.3×10^3Pa·L/(mol·K)とする。

①なめらかに動くピストンがついた容器に，27℃で酸素を入れ，外圧 1.0×10^5Pa と等しい圧力となるような状態をつくった。このときの酸素の体積は2.0Lだった。この状態に以下のⅠ，Ⅱの操作を行った。

操作Ⅰ：

②下線部①の状態の容器に，液体の水1.8gを入れ，十分な時間放置した。

③その後，温度を27℃に保ったまま，ピストンをゆっくりと引いて，気体の体積を増加させたところ，ある体積に達したとき，液体の水がすべて気化した。

操作Ⅱ：

ピストンを固定して，体積を一定に保ったまま，下線部①の状態に気体のプロパン0.010molを加えた。この混合気体に点火したところ，プロパンが完全燃焼した。④その後，気体の温度を27℃に戻した。

問１　下線部①の状態において，容器に入っている酸素の質量を有効数字２桁で答えよ。

問２　下線部②の状態における酸素の分圧を有効数字２桁で答えよ。

問３　下線部③の状態における混合気体の全圧を有効数字２桁で求めよ。

問４　下線部④の状態の混合気体が示す全圧を有効数字２桁で求めよ。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第７講　確認テスト

1　水の状態変化を知るために，断面積（底面積）が$100cm^2$で，容器の底面からピストンまでの距離Dを変化できるようにした円筒容器を準備した。図のように，この容器を大気圧下（$1.00atm = 1.013 \times 10^5Pa$）におき，ピストンの位置を距離$D$に固定して容器内を真空にした後，ある量の液体の水を入れて実験を行った。なお，この容器は容器内の液体の水や水蒸気が漏れないように密封できる構造となっている。また，水の蒸気圧は温度によって変化する（表を参照）。気体定数は$8.3 \times 10^3 Pa \cdot L/(mol \cdot K)$とする。

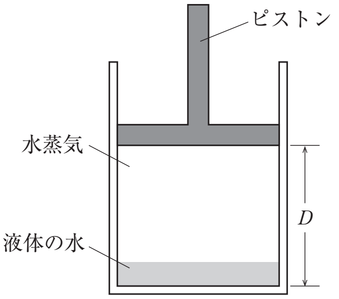


図　容器に水を入れたときの模式図

表　水の蒸気圧の温度変化

温度（℃）	蒸気圧（Pa）
0	6.1×10^2
20	2.3×10^3
27	3.6×10^3
40	7.4×10^3
60	2.0×10^4
80	4.7×10^4
100	1.0×10^5

問　距離Dを10cmに固定し，0.010molの液体の水を入れた場合では，温度が60℃および100℃のときの容器内の圧力（Pa）はそれぞれいくらになるか。次の⑴～⑻から，最も近い値をそれぞれ選び，番号で答えよ。

（1）　3.6×10^3　　（2）　2.0×10^4　　（3）　2.7×10^4　　（4）　3.1×10^4

（5）　4.0×10^4　　（6）　5.0×10^4　　（7）　1.0×10^5　　（8）　2.0×10^5

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第5章　反応の理論

第8講　熱化学①

反応の理論の中で，化学変化により出入りする熱について考える。この熱化学の計算をクリアするには，反応エンタルピーの定義を徹底すること。そして，エンタルピー図をかけるようになることが必要である。

1　熱化学の基本事項

(1)　エンタルピーとエンタルピー変化

エンタルピーH(熱含量)：物質がもつ化学エネルギー

エンタルピー変化ΔH：化学変化によって変化したエンタルピーH

$$\Delta H = H_{生成物} - H_{反応物}$$

(2)　化学反応とエンタルピー変化ΔH

化学反応とエンタルピー変化ΔHの関係を考えるときは，以下を徹底することが必要である。

エンタルピー変化ΔH → 反応に関わる物質(反応系)に注目したもの
放出(または吸収)されるエネルギー → 反応系の外に注目したもの

(i)　発熱反応とエンタルピーH

発熱反応が起こると，物質がもつエネルギーが熱として放出されるため，エンタルピーHが小さくなる。すなわち，エンタルピー変化$\Delta H<0$となる。

例　A＋B ⟶ Cの反応により100kJの発熱が起こった。
→物質がもつエネルギーが100kJ減少。すなわち$\Delta H=-100$kJ。

(ii)　吸熱反応とエンタルピーH

吸熱反応が起こると，物質が熱(エネルギー)を吸収するため，エンタルピーHが大きくなる。すなわち，エンタルピー変化$\Delta H>0$となる。

例　A＋B ⟶ Cの反応により100kJの吸熱が起こった。
→物質がもつエネルギーが100kJ増加。すなわち$\Delta H=100$kJ。

(3)　化学反応式とエンタルピー変化ΔH

化学反応に伴う熱の出入りを考えるときには「エンタルピー変化ΔHを付した反応式(以下，本講座ではエンタルピー反応式，略してH式とする)」で考える。

H式は通常，注目する物質1molあたりで表す。

$\mathbf{1A} + m\mathbf{B} \longrightarrow n\mathbf{C}$　　$\Delta H = Q\mathbf{kJ}$（これをAの反応エンタルピーという）

⑷　反応エンタルピーの種類

(i)「～エンタルピー」

一定圧力下の化学変化に伴うエンタルピー変化ΔHを反応エンタルピーといい，代表的なものには固有の名称がある。

注意：反応エンタルピーは反応系に注目している

燃焼エンタルピー　物質1molが完全燃焼するときのエンタルピー変化

燃焼反応は発熱反応なので燃焼エンタルピーは必ず$\Delta H<0$となる。

例　COの燃焼エンタルピー：-283kJ/mol

$$CO(気) + \frac{1}{2}O_2(気) \longrightarrow CO_2(気) \qquad \Delta H = -283\text{kJ}$$

生成エンタルピー　物質1molが構成元素の単体から生成するときのエンタルピー変化

発熱の場合も吸熱の場合もある。

例　COの生成エンタルピー：-111kJ/mol

$$C(黒鉛) + \frac{1}{2}O_2(気) \longrightarrow CO(気) \qquad \Delta H = -111\text{kJ}$$

溶解エンタルピー　物質1molが多量の溶媒に溶解するときのエンタルピー変化

発熱の場合も吸熱の場合もある。特に表記がない場合の溶媒は水である。

例　NaOH(固)の溶解エンタルピー：-44.5kJ/mol

$NaOH(固) + aq \longrightarrow NaOHaq \qquad \Delta H = -44.5\text{kJ}$（「aq」は多量の水を表す）

中和エンタルピー　酸と塩基が反応し，水1molが生成するときのエンタルピー変化

中和反応は発熱なので，中和エンタルピーは必ず$\Delta H<0$となる。

例　塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和エンタルピー：-56.5kJ/mol

$HClaq + NaOHaq \longrightarrow NaClaq + H_2O(液) \qquad \Delta H = -56.5\text{kJ}$

また，塩化水素や水酸化ナトリウムは強酸・強塩基で，水中で完全に電離しているため，以下のように表すこともできる。

$H^+aq + OH^-aq \longrightarrow H_2O(液) \qquad \Delta H = -56.5\text{kJ}$

(ii)　状態変化「～エンタルピー」「～熱」

蒸発や融解で表すことが多く，いずれも吸熱の変化である。

「～エンタルピー」で表すとき

1.013×10^5Pa下での状態変化によるエンタルピー変化で表す。蒸発や融解のエンタルピー変化は$\Delta H>0$である。

「～熱」で表すとき

反応系の外に注目した表記で，吸熱反応のときは負の数になるが，絶対値で表す決まりから「－」はつかない。（結局，「～エンタルピー」でも「～熱」でも同じ符号になる）

例　水の蒸発エンタルピー：44kJ/mol，または，水の蒸発熱：44kJ/mol

H_2O（液）⟶ H_2O（気）　$\Delta H = 44\text{kJ}$

(5)「～エネルギー」

「～エネルギー」は，「～するために必要なエネルギー」すなわち，吸熱の変化である。よって，エンタルピー変化は$\Delta H > 0$となる。

注意！：反応系の外に注目したエネルギーである。

結合エネルギー　気体の原子間結合1molを切るために必要なエネルギー

例　水素H_2の結合エネルギー：436kJ/mol

H_2（気）⟶ 2H（気）　$\Delta H = 436\text{kJ}$

解離エネルギー　気体分子1molに含まれるすべての共有結合を切断し，原子にするために必要なエネルギー（分子を構成する結合の結合エネルギーの総和）

例　メタンCH_4の解離エネルギー：1644kJ/mol

CH_4（気）⟶ C（気）＋ 4H（気）　$\Delta H = 1644\text{kJ}$

格子エネルギー　イオン結晶1molを気体のイオンにするために必要なエネルギー

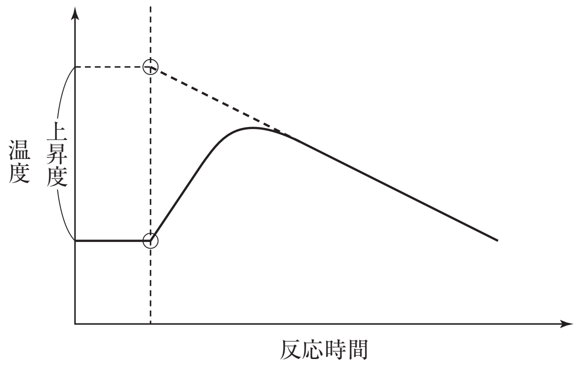
例　塩化ナトリウムNaClの格子エネルギー：771kJ/mol

NaCl（固）⟶ Na^+（気）＋ Cl^-（気）　$\Delta H = 771\text{kJ}$

(6) 反応エンタルピーの求め方①（実験）

反応エンタルピーは実験（反応による温度変化を測定）から求めることができる。ただし，測定する温度は反応系の外であるため，反応エンタルピーの符号を逆にして式に代入する必要がある。

熱量（J）＝ －ΔH（kJ/mol）× 物質量（mol）× 10^3
＝ 質量（g）× 比熱（J/g･℃）× 温度上昇度（℃）



第8講　演習問題

1　つぎの(1)～(5)の反応式とエンタルピー変化ΔHで表される反応で，それぞれの反応エンタルピーの名称を以下のa～gの中から一つ選べ。

(1)　Na(固体) ⟶ Na(液体)　$\Delta H = 2.6\text{kJ}$

(2)　Na(液体) ⟶ Na(固体)　$\Delta H = -2.6\text{kJ}$

(3)　Na(固体) + $\frac{1}{2}Cl_2$(気体) ⟶ NaCl(固体)　$\Delta H = -411\text{kJ}$

(4)　CO(気体) + $\frac{1}{2}O_2$(気体) ⟶ CO_2(気体)　$\Delta H = -283\text{kJ}$

(5)　$H^+ + OH^-$ ⟶ H_2O　$\Delta H = -57\text{kJ}$

a. 蒸発エンタルピー　b. 融解エンタルピー　c. 生成エンタルピー
d. 凝固エンタルピー　e. 溶解エンタルピー　f. 中和エンタルピー
g. 燃焼エンタルピー

2　メタノールをアセトンに溶かした溶液10.0gを完全燃焼させたとき，305kJの発熱があった。このメタノールのアセトン溶液の質量パーセント濃度に最も近い値を次の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし，メタノールおよびアセトンの燃焼エンタルピーは，それぞれ，－726kJ/mol，－1792kJ/molとし，メタノールがアセトンへ溶解する際のエンタルピー変化は無視できるものとする。また，原子量は，H = 1.0，C = 12.0，O = 16.0とする。

①　5　②　10　③　15　④　20　⑤　25　⑥　30　⑦　35　⑧　40

3　反応エンタルピーの実験1～4の記述を読み，問1～4に答えよ。ただし，各水溶液の比熱を4.2J/(g・K)，密度を1g/cm^{3}とし，原子量はH＝1，O＝16，Na＝23，各実験での体積の変化はないものとする。

実験1　水50mLを入れた断熱容器(1)に水酸化ナトリウムの固体2.0gを加え完全に溶かすと，水溶液の温度が18.0℃から28.6℃に上昇した。

実験2　断熱容器(2)に18.0℃の1.0mol/L塩酸50mLを入れ，断熱容器(1)の溶液(28.6℃)の全量を一度に加えよく振り混ぜたところ，水溶液の温度が30.2℃で一定となった。

実験3　断熱容器(3)に1.0mol/L塩酸50mLと水100mLを計り取り，よく振り混ぜると水溶液の温度は18.0℃となった。次に，この水溶液に水酸化ナトリウムの固体2.0gを加え，よく振り混ぜ完全に溶かしたところ，温度が上昇して【　ア　】℃で一定となった。

実験4　断熱容器(4)に25.0℃の0.14mol/L水酸化ナトリウム水溶液200mLを入れ，塩化水素0.05molを溶解したところ，液は酸性となり，水溶液の温度が31.3℃で一定となった。

問1　実験1の結果から，水酸化ナトリウム(固)の溶解エンタルピー(kJ/mol)として，最も近い値はどれか。

1.　－2.23　　2.　－4.45　　3.　－22.26　　4.　－44.52　　5.　－66.78　　6.　－89.04

問2　実験2の結果から，塩酸と水酸化ナトリウム水溶液との反応における中和エンタルピー(kJ/mol)として，最も近い値はどれか。

1.　－2.9　　2.　－5.1　　3.　－13.4　　4.　－58.0　　5.　－89.0　　6.　－102.5

問3　実験3の【　ア　】に入る最も近い値はどれか。

1.　20.8　　2.　26.1　　3.　30.4　　4.　39.2　　5.　47.8　　6.　52.2

問4　実験4の結果から，塩化水素(気体)の溶解エンタルピー(kJ/mol)として，最も近い値はどれか。

1.　－47.32　　2.　－54.56　　3.　－58.78　　4.　－63.15　　5.　－69.03　　6.　－73.36

第8講　確認テスト

1　0.5molの水酸化ナトリウム(固)を0.5molの塩化水素を含む希塩酸と直接反応させると50.0kJの熱量が発生した。塩化水素と水酸化ナトリウムの水溶液の中和エンタルピーを－56.5kJ/molとすると，水酸化ナトリウム(固)の溶解エンタルピーはいくらになるか。

㋐　－6.5kJ/mol　㋑　－13.0kJ/mol　㋒　－43.5kJ/mol

㋓　－106.5kJ/mol　㋔　－156.5kJ/mol

第５章　反応の理論

第９講　熱化学②

2　熱化学の計算

(1)　反応エンタルピーの求め方②(ヘスの法則)

ヘスの法則(化学変化に伴うエンタルピー変化の総和は，反応経路によらず一定である)を利用して，測定不可能な反応エンタルピーを計算により求めていく。

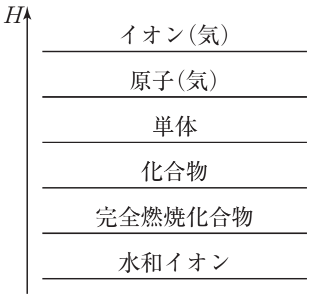
(i)　H式から求める

(ii)　エンタルピー図(以下，本講座ではH図)から求める

H図をかくときのポイント

①　エネルギーレベルを暗記し，固定させる。

②　反応エンタルピーの定義に従い矢印(↑・↓)を入れる



(iii)　公式から求める

ⓐ　生成エンタルピー＋仲間はずれ(反応エンタルピーQ kJ/mol)　のとき

仲間はずれのH式を書き，以下の公式に数値を代入する。

Q = (右辺の生成エンタルピーの和) − (左辺の生成エンタルピーの和)

ⓑ　燃焼エンタルピー＋仲間はずれ(反応エンタルピーQ kJ/mol)　のとき

仲間はずれのH式を書き，以下の公式に数値を代入する。

Q = (左辺の燃焼エンタルピーの和) − (右辺の燃焼エンタルピーの和)

ⓒ　結合エネルギー＋仲間はずれ(反応エンタルピーQ kJ/mol)　のとき

仲間はずれのH式を書き，以下の公式に数値を代入する。

Q = (左辺の結合エネルギーの和) − (右辺の結合エネルギーの和)

第９講　演習問題

1　エチレン(エテン)(気)，二酸化炭素(気)および水(液)の生成エンタルピーは，それぞれ52kJ/mol，－394kJ/mol，－286kJ/molである。このとき，エチレン(気)の燃焼エンタルピーは，［　　］kJ/molである。

①　－732　②　－914　③　－1018　④　－1022　⑤　－1126
⑥　－1308　⑦　－1412　⑧　－1645　⑨　－2219　⓪　－2433

2　つぎの文を読み，以下の各問いに答えなさい。

水素と一酸化炭素の混合気体を触媒を用いて高温高圧下で反応させると，式(1)に示すようにメタノールが生成する。

$$2H_2 + CO \longrightarrow CH_3OH \quad \cdots\cdots(1)$$

このとき，以下のア～エの条件が成り立つとする。

ア．水(液体)の生成エンタルピーは，－286kJ/molである。

イ．一酸化炭素の燃焼エンタルピーは，－283kJ/molである。

ウ．メタノールの燃焼に関する化学反応式とエンタルピー変化ΔHは式(2)のように表される。

$$CH_3OH(\text{液体}) + \frac{3}{2}O_2(\text{気体}) \longrightarrow CO_2(\text{気体}) + 2H_2O(\text{液体}) \quad \Delta H = -726\text{kJ} \cdots\cdots(2)$$

エ．1.00gのメタノール(液体)がすべて蒸発するとき1103Jの熱が吸収される。

問１　メタノール(液体)を式(1)の反応で合成するときの反応エンタルピー〔kJ/mol〕として最も適切な値をa～fの中から一つ選びなさい。

a．－65　b．－108　c．－129　d．－195　e．－258　f．－412

問２　メタノール(気体)を式(1)の反応で合成するときの反応エンタルピー〔kJ/mol〕として最も適切な値をa～fの中から一つ選びなさい。

a．－73　b．－94　c．－146　d．－164　e．－223　f．－291

問３　式(1)の反応が完全に進むものとして，1.00kgのメタノール(液体)を得るために必要となる0℃，1.013×10^5Paにおける一酸化炭素の体積〔L〕として最も適切な値をa～fの中から一つ選びなさい。ただし，一酸化炭素は理想気体とする。

a．70　b．140　c．280　d．350　e．560　f．700

3　H–H，Cl–Cl，H–Clの結合エネルギーはそれぞれ436kJ/mol，243kJ/mol，432kJ/molである。塩化水素の生成エンタルピーは何kJ/molか。最も近い値を，次の(ア)～(オ)の中から一つ選べ。

(ア)　－61.8　(イ)　－92.5　(ウ)　－124　(エ)　－185　(オ)　－216

4　以下の文を読み，設問(1)～(3)に答えよ。答えは有効数字2桁で求めよ。ただし，気体はすべて理想気体とする。原子量はそれぞれH = 1.0，C = 12.0，O = 16.0とする。

メタンCH_4とプロパンC_3H_8の混合気体がある。この混合気体の密度は0℃，1.013×10^5Paで1.00g/Lである。この混合気体10gを完全燃焼させると533kJの熱が発生した。この結果と，次の化学反応式とエンタルピー変化ΔHを利用することでプロパンの燃焼エンタルピーを求めることができる。

$$\mathrm{C(黒鉛) + O_2(気) \longrightarrow CO_2(気)} \quad \Delta H = -394\mathrm{kJ}$$

$$\mathrm{H_2(気) + \frac{1}{2}O_2(気) \longrightarrow H_2O(液)} \quad \Delta H = -286\mathrm{kJ}$$

$$\mathrm{C(黒鉛) + 2H_2(気) \longrightarrow CH_4(気)} \quad \Delta H = -75\mathrm{kJ}$$

(1)　混合気体中のメタンのモル分率を求めよ。

(2)　メタンの燃焼エンタルピー(kJ/mol)を求めよ。

(3)　プロパンの燃焼エンタルピー(kJ/mol)を求めよ。

第9講　確認テスト

1　0℃，1.013×10^5 Paで11.2LのプロパンC$_3$H$_8$を25℃，1気圧で完全燃焼させたところa kJの発熱があった。H_2OとCO_2の生成エンタルピーをそれぞれb kJ/mol，c kJ/molとするとプロパンの生成エンタルピーはいくらになるか。ただし，炭素Cは黒鉛，H_2Oは液体とする。

㋐　$c + 2a - 4b$　㋑　$2a + 4b + 3c$　㋒　$4b - 3c + a$　㋓　$2a + c - 2b$

㋔　$2a - 4b - 3c$

第10講　反応速度

2　反応速度

反応速度に関して苦手意識を持っている人が多い。しかし，入試問題の出題パターンは完全に決まっており，その一通りをきちんと押さえておけば必ず解ける。反応速度を大きくするにはどうすればいいのか。反応速度はどのように表すことができるのか。どんな実験からそれを求めることができるのか。演習問題を利用してしっかり触れておこう。

(1)　反応経路

A_2　＋　B_2　⟶　2AB

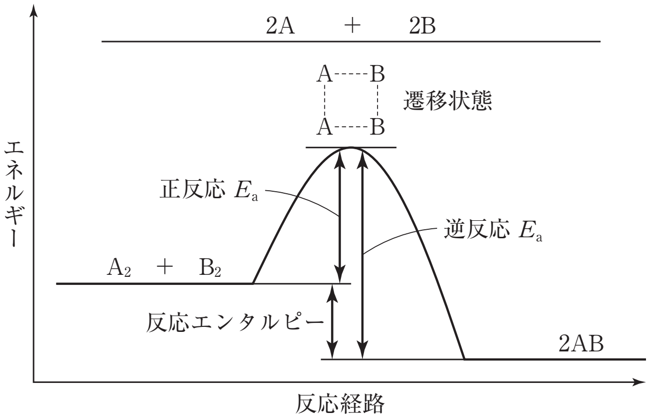
①反応物 A_2 と B_2 の衝突

②遷移状態（活性化状態）

：活性錯合体になっている

③生成物 AB

このとき，遷移状態になるために必要なエネルギー，すなわち反応が進行するために必要なエネルギーを活性化エネルギー（E_a）という。



(2)　反応速度を支配する因子

反応速度を大きくするには…

①触媒を加える

活性化エネルギー E_a が小さくなる。

正確には，小さくするものを正触媒，大きくするものを負触媒という。

②温度を上げる

反応物の運動エネルギーが大きくなるため，活性化エネルギー以上のエネルギーをもつ分子が増加する。

③反応物の濃度を大きくする

衝突回数が増加する。濃度が大きくなれば，比例して反応速度も大きくなる。

xA　＋　yB　⟶　zC について

$v = k[\mathrm{A}]^x[\mathrm{B}]^y$　（反応速度式）

k：速度定数（温度と活性化エネルギーで決まる）

注：x，y はかならずしも反応式の係数と一致するとはかぎらない。正確には実験から求まるものである。

(3)　反応速度式を求める実験

反応速度式を求めるには，単位時間あたりの反応物の減少量，もしくは生成物の増加量を測定していく。

その結果から

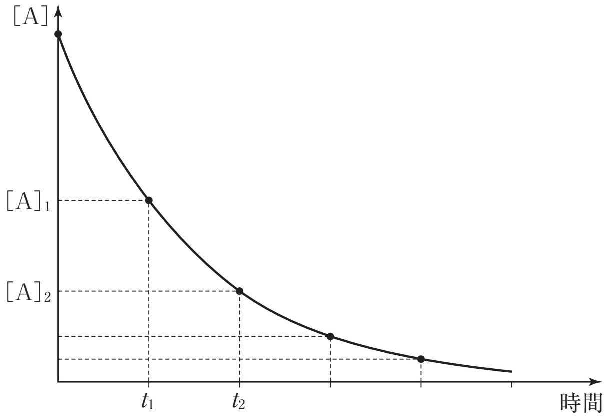
①平均の濃度

$$\overline{[A]} = \frac{[A]_1 + [A]_2}{2}$$

②平均の速度

$$\overline{v} = -\frac{[A]_2 - [A]_1}{t_2 - t_1}$$

を計算する。



(4)　一次反応の半減期

半減期とは，濃度が半分になるまでの時間である。一次反応では，この数値が一定になる。

第10講　演習問題

1　次の文章を読んで，あとの各問に答えよ。

密閉容器に反応物A_2とB_2を入れると，次のような化学反応式にしたがって生成物ABが生じる。

A_2(気体) + B_2(気体) ⟶ 2AB(気体)

この反応において，反応物A–AとB–Bの結合が切断され，最終的な生成物A–Bの新しい結合が生じている。したがって，この化学反応の(a)反応エンタルピーを知るには，(b)反応物の結合エネルギーの和と生成物の結合エネルギーの和を計算し，その2つの差を求めればよい。

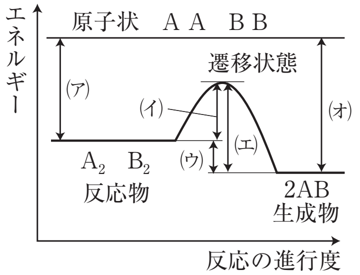


図　反応の進行度とエネルギー

反応物の結合エネルギーの和は大きな値となるが，実際にはこの化学反応はそれより低いエネルギー状態で進行する。それは，これらの反応物は完全に解離するのではなく，図に示すような遷移状態を経由して反応が進行するからである。このとき必要なエネルギーを(c)活性化エネルギーと呼ぶ。

問1　下線で示した(a)～(c)は図の中のどの部分に相当するか，記号(ア)～(オ)で示せ。

問2　化学反応に対して触媒を使用すると，反応エンタルピー，活性化エネルギー，反応速度はそれぞれどのように変化するか。それぞれ一つ選べ。

反応エンタルピー：大きくなる　　変化しない　　小さくなる

活性化エネルギー：大きくなる　　変化しない　　小さくなる

反応速度：速くなる　　変化しない　　遅くなる

問3　一般的に温度が高くなると反応速度が速くなることが知られている。その理由として誤っているものを，次の選択肢の中から一つ選んで番号で答えよ。

(1)　温度が高くなると，活性化エネルギーを超える粒子が増加するため

(2)　温度が高くなると，分子の熱運動が激しくなって，衝突回数が増加するため

(3)　温度が高くなると，活性化エネルギーが高くなるため

2　以下の文を読み，下線①から下線⑤の数値を有効数字2桁で求め，[1]から[15]にあてはまる最も適切な数値を記せ。$\log_e 2 = 0.693$とする。

ある化合物Aの分解反応は，A ⟶ B＋Cという化学反応式で表される。この反応の速さはAの濃度に比例することがわかっている。この反応を一定の温度で行い一定時間ごとにAの濃度[A]（mol/L）を測定したところ下表のような結果が得られた。

反応時間 t（min）	0	2	4	6	8
[A]（mol/L）	6.00	5.40	4.80	4.30	3.80

この結果から化合物Aの分解反応の反応速度定数を求めてみる。①反応開始後0分から2分の時間間隔における化合物Aの分解速度は[1].[2]$\times 10^{-[3]}$mol/(L・min)であり，②化合物Aの平均濃度は[4].[5]$\times 10^{-[6]}$mol/Lであることから，③反応開始後0分から2分における化合物Aの分解反応の反応速度定数は[7].[8]$\times 10^{-[9]}$/minである。同様に，反応開始後2分から4分，4分から6分，6分から8分の時間間隔における反応速度定数を求め，④反応開始後0分から2分における反応速度定数も含めた各時間間隔の反応速度定数の平均値は，[10].[11]$\times 10^{-[12]}$/minとなる。この結果から反応速度定数は化合物Aの濃度に関わらず，ほぼ一定の値になることがわかる。反応開始時の化合物Aの濃度を$[A]_0$(mol/L)，反応速度定数をk(/min)としたとき，t分後の化合物Aの濃度[A]（mol/L)は次式で表される。

$$[A] = [A]_0 e^{-kt}$$

この式を用いて，⑤化合物Aの濃度が反応開始時の濃度の半分になる時間を求めると，[13].[14]$\times 10^{[15]}$minとなる。

計算に際しては，下線④で求めた反応速度定数k(/min)を用いること。

第10講　確認テスト

1

問１　一般に化学反応の速度定数は，温度が高くなるほど大きくなる。その理由として適切なものを，下の㋐～㋔のうちから一つ選べ。

㋐　生成物が増加する方向に平衡が移動する。
㋑　大きなエネルギーを持った反応物の粒子の数が増加する。
㋒　活性化エネルギーが小さくなる。
㋓　活性化エネルギーが大きくなる。
㋔　反応エンタルピーが小さくなる。

問２　一般に化学反応の速度は，触媒を用いると速くなる。その理由として適切なものを，下の㋐～㋔のうちから一つ選べ。

㋐　生成物が増加する方向に平衡が移動する。
㋑　反応物の粒子どうしの衝突回数が増加する。
㋒　異なる反応経路を通る。
㋓　活性化エネルギーが大きくなる。
㋔　反応エンタルピーが小さくなる。

第11講　化学平衡

3　化学平衡

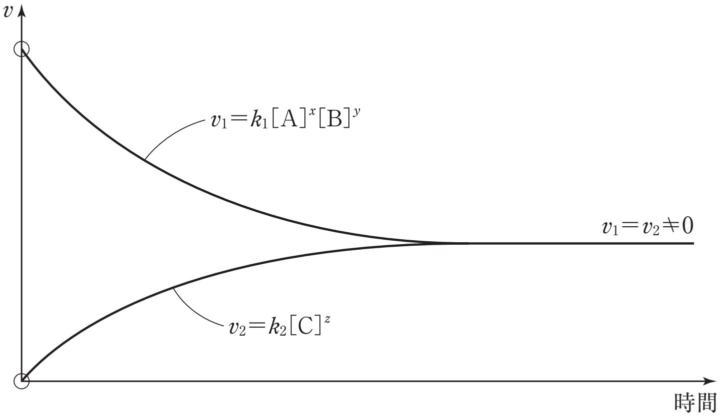
多くの反応は可逆反応であり，平衡状態になっていく。平衡状態になったときの各物質の濃度は，実験しなくても，平衡定数を使えば計算から求めることができる。与えられた平衡定数を用いて，平衡状態の物質の濃度，平衡の進行方向を答えられるようになるのが目標となる。

(1)　平衡状態

可逆反応を放置すると，正反応の速さと逆反応の速さが一致し，見かけ上反応が停止した状態になる。これを平衡状態という。

$$xA + yB \rightleftarrows zC$$

正反応の速さ v_1
逆反応の速さ v_2
見かけの速さ $v_1 - v_2$



(2)　化学平衡の法則（質量作用の法則）

$xA + yB \rightleftarrows zC$ が平衡状態にあるとき，次の式が成立する。

$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^z}{[A]^x[B]^y}$$

K を平衡定数といい，温度が一定のときは常に一定値となる。

また，A，B，Cが気体のとき，

$$\frac{n}{V} = \frac{P}{RT}$$

が成立するため，

$$K = \frac{{P_C}^z}{{P_A}^x{P_B}^y}(RT)^{x+y-z}$$

と表すことができる。

この $\frac{{P_C}^z}{{P_A}^x{P_B}^y}$ を圧平衡定数 K_p という。

第11講　演習問題

1　反応速度と化学平衡に関する次の文章を読み，下の問1～3に答えなさい。ただし，使用する固体触媒の体積は，反応容器の内容積に比べて十分に小さいので，その体積は無視できるものとする。

気体Aと気体Bから気体Cを生じる反応は以下の(i)式で示される化学反応式によって進行する可逆反応である。この反応では白金が触媒として働き，白金が存在するとその正反応の反応速度が大きくなることが知られている。

$$2A \ + \ B \rightleftarrows 2C \quad \cdots\cdots(\mathrm{i})$$

内容積が2.50Lの反応容器に2.00molの気体Aと2.00molの気体Bからなる混合気体と白金を加え，平衡状態となるまで容器の内容積を変えずにt〔℃〕に保った。平衡時の混合物中には1.00molの気体Cが生成した。

問1　平衡状態に関する記述として正しいものを，次の①～⑤の中から一つ選びなさい。

①　正反応と逆反応の反応速度がともに0mol/(L・sec)となって，反応が停止した状態である。

②　反応物質(左辺物質)のモル濃度と生成物質(右辺物質)のモル濃度が等しくなった状態である。

③　正反応と逆反応の反応速度が等しくなって，見かけ上反応が停止した状態である。

④　正反応の反応速度が逆反応の反応速度に比べて無視できるほど小さくなって，見かけ上逆反応のみが進行する状態である。

⑤　逆反応の反応速度が正反応の反応速度に比べて無視できるほど小さくなって，見かけ上正反応のみが進行する状態である。

問2　(i)式の反応が平衡状態にあるとき，次の(1)～(3)のような操作を行った。それぞれの操作を行い，充分に長い時間が経過したとき，各物質の物質量は操作前に比べてどのように変化しているか。最も適するものを，下の①～⑤の中からそれぞれ1つずつ選びなさい。ただし，(i)式の正反応は吸熱反応である。また，同じものを複数回選択してもよい。

(1)　容積一定で，反応容器を加熱する。
(2)　温度，圧力一定で反応容器内にヘリウムを加える。
(3)　温度，容積一定で反応容器内にヘリウムを加える。

①　A，B，Cともに増加している。　　②　A，Bが増加し，Cが減少している。
③　A，Bが減少し，Cが増加している。　④　A，B，Cとも減少している。
⑤　A，B，Cともに変化していない。

問３　(ⅰ)式の反応が平衡状態にあるとき，A, B, Cのモル濃度〔mol/L〕をそれぞれ[A]，[B]，[C]で表すと，(ⅰ)式の平衡定数Kは次の(ⅱ)式で計算することができる。

$$K = \frac{[\mathrm{C}]^2}{[\mathrm{A}]^2[\mathrm{B}]} \quad \cdots\cdots(\mathrm{ii})$$

t〔℃〕における(ⅰ)式の反応の平衡定数Kは何〔L/mol〕か。最も近いものを，次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

①　0.125L/mol　　②　0.400L/mol　　③　0.667L/mol
④　1.00L/mol　　⑤　1.67L/mol　　⑥　2.50L/mol

2　次の文章を読み，下の問1～4に答えなさい。

体積1.0Lの密封容器に，水素0.10molとヨウ素0.10molを入れて反応させた。反応途中のある時刻（t秒後）において，容器中の水素とヨウ素は0.050molに減少した。さらに十分な時間が経過すると，水素とヨウ素は0.020mol，ヨウ化水素は0.16molで平衡状態になった。この反応は式(a)で示される可逆反応であり，正反応の速度（v_1）と逆反応の速度（v_2）は，それぞれ式(b)と式(c)で表される。

$$H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI \quad \cdots\cdots(a)$$

$$v_1 = k_1[H_2][I_2] \quad \cdots\cdots(b)$$

$$v_2 = k_2[HI]^2 \quad \cdots\cdots(c)$$

なお，$[H_2]$，$[I_2]$および$[HI]$はそれぞれの分子のモル濃度，式中のk_1とk_2は正反応と逆反応の速度定数である。また，問1～4において温度は一定とする。

問1　この温度における式(a)の反応の平衡定数として最も近い数値を，次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

①　4　　②　25　　③　49　　④　64　　⑤　100

問2　問1の平衡状態になった後，容器内にヨウ化水素を0.10mol追加した。十分な時間が経過して再び平衡状態に達したとき，容器内に存在するヨウ化水素の物質量として最も近い数値を，次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。　[　　　]mol

①　0.030　　②　0.050　　③　0.070　　④　0.14　　⑤　0.24

問3　逆反応の速度定数k_2は1.2×10^{-3}L/(mol・s)であった。正反応の速度定数k_1の値として最も近い数値を，次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。　[　　　]L/(mol・s)

①　1.2×10^{-3}　　②　2.4×10^{-3}　　③　1.2×10^{-2}　　④　7.7×10^{-2}　　⑤　1.2×10^{-1}

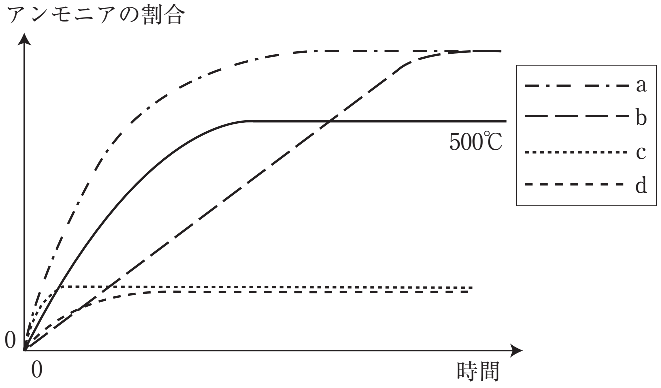
問4　時刻tにおける[HI]の見かけの増加速度$\dfrac{\Delta[HI]}{\Delta t}$の値として最も近い数値を，次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。　[　　　]mol/(L・s)

①　1.2×10^{-5}　　②　2.4×10^{-5}　　③　1.8×10^{-4}　　④　2.4×10^{-4}　　⑤　3.6×10^{-4}

3　窒素と水素からアンモニアが生成する反応は可逆反応であり，次の化学反応式とエンタルピー変化ΔHで表される。

N_2(気) + $3H_2$(気) ⟶ $2NH_3$(気)　ΔH = −92kJ

図は，窒素と水素を体積比1：3で混合した状態から，圧力，温度を一定に保って反応させたとき，反応装置内のアンモニアの割合が増える様子を示したものである。500℃のときの時間変化が実線で示されるとき，300℃および700℃のときの時間変化を表す曲線は図中のa～dのどれか。最適な組み合わせを次の①～⑧のうちから一つ選べ。



	300℃のとき	700℃のとき
①	a	c
②	a	d
③	b	c
④	b	d
⑤	c	a
⑥	c	b
⑦	d	a
⑧	d	b

第11講　確認テスト

1　N_2O_4 が NO_2 に変化する気体反応は，$N_2O_4 \rightleftarrows 2NO_2$ で表される可逆反応である。容積10Lの容器に N_2O_4 を0.5mol入れて平衡状態に達するまで一定温度に保ったとき，平衡状態における NO_2 の濃度はいくらか。次の㋐～㋗のうちから最も近いものを一つ選べ。ただし，この温度において，平衡定数は $K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = 0.4\text{mol/L}$ とし，$\sqrt{3} = 1.73$ とする。

□mol/L

㋐　1.3×10^{-2}　㋑　2.3×10^{-2}　㋒　3.3×10^{-2}　㋓　4.3×10^{-2}

㋔　5.3×10^{-2}　㋕　6.3×10^{-2}　㋖　7.3×10^{-2}　㋗　8.3×10^{-2}

2　下の㋐～㋔の化学反応式とエンタルピー変化 ΔH で表される反応が体積可変の密閉容器の中で平衡状態にあるとき，次の①，②いずれの場合においても平衡が右に移動するものはどれか。一つ選べ。

①　温度一定の下で全圧を大きくする　　②　圧力一定の下で温度を高くする

㋐　CH_4(気) + H_2O(気) ⟶ CO(気) + $3H_2$(気)　$\Delta H = 215\text{kJ}$

㋑　N_2O_4(気) ⟶ $2NO_2$(気)　$\Delta H = 57\text{kJ}$

㋒　$2SO_2$(気) + O_2(気) ⟶ $2SO_3$(気)　$\Delta H = -198\text{kJ}$

㋓　N_2(気) + $3H_2$(気) ⟶ $2NH_3$(気)　$\Delta H = -92\text{kJ}$

㋔　$3O_2$(気) ⟶ $2O_3$(気)　$\Delta H = 285\text{kJ}$

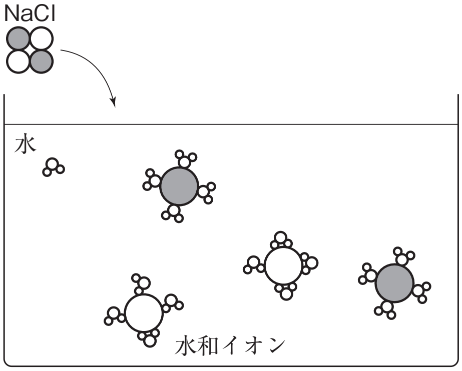
第６章　溶液

第12講　固体の溶解度

1　固体の溶解平衡

化学反応は，粒子の衝突によって始まっていく。しかし，物質の多くは固体で存在し，そのままの状態では粒子が自由に運動できないため，反応が進行しにくい。そこで，化学反応の多くは溶液でおこなっていく。物質をどんな溶媒に溶かせばいいのか，どれだけ溶けるのか，を考えていく。

(1)　溶解



溶質が溶媒に溶けて，均一な溶液になることを溶解という。

このとき，溶質は溶媒和(溶媒が水のときには水和)され安定している。

極性をもつ物質は極性溶媒によく溶け，無極性の物質は無極性溶媒によく溶ける。

(2)　固体の溶解度(易溶性物質)

(i)　表し方

通常，水100 gに溶解する限界量(g)で表す。溶解度を表す曲線を溶解度曲線という。

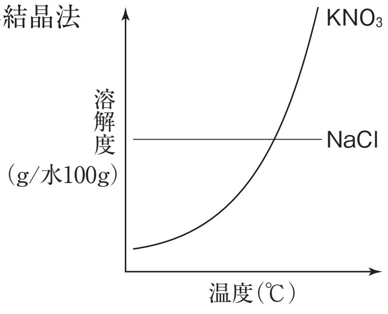
例　20℃のKNO_3の溶解度30

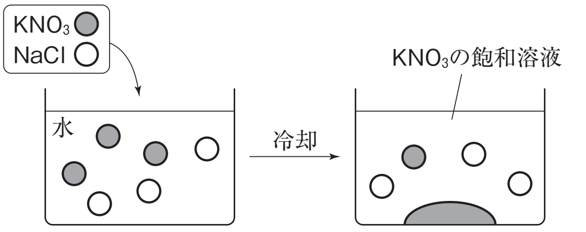
(ii)　計算

飽和溶液は溶質が限界量で溶解しているため，溶解度で表された溶液と同じものである。よって，飽和溶液は与えられた溶解度と，溶質・溶媒・溶液の比が同じである。

例題　20℃のKNO_3の飽和溶液195 g中，KNO_3は何gか。　　**解**：45 g

※再結晶法





KNO_3(固)$\rightleftarrows KNO_3aq + Q$kJ

溶解平衡

第12講　演習問題

1　硝酸ナトリウムの溶解度は50℃で114g/水100g，10℃で80.5g/水100gである。以下の設問(a)～(c)に答えよ。解答として最も近い値を，下の解答群の中からそれぞれ一つずつ選べ。

(a)　50℃の硝酸ナトリウムの飽和水溶液300gに溶解している硝酸ナトリウムは何gか。

(b)　50℃の硝酸ナトリウム飽和水溶液の質量パーセント濃度は何％か。

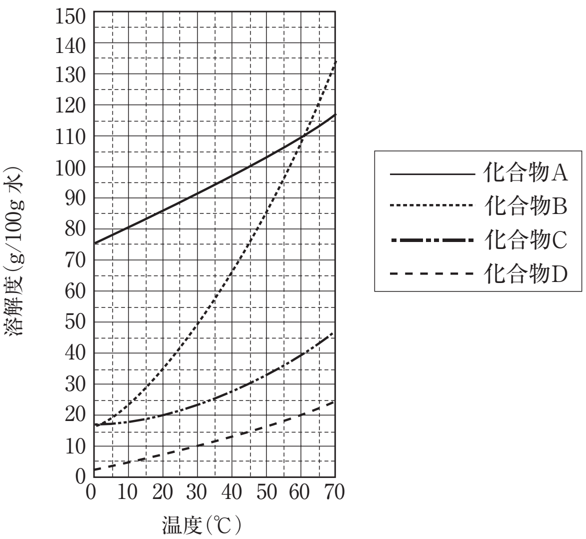
(c)　50℃の硝酸ナトリウム飽和水溶液300gを10℃に冷却すると，析出する硝酸ナトリウムは何gか。

解答群

(ア)　4.7	(イ)　11	(ウ)　34	(エ)　42	(オ)　47
(カ)　53	(キ)　81	(ク)　114	(ケ)　160	(コ)　342

2　60℃の水100gに硫酸銅(Ⅱ)を溶かして飽和溶液を作成し，この溶液を室温(20℃)に冷却したとき，析出する硫酸銅(Ⅱ)五水和物は何gであるか求めよ。ただし，硫酸銅(Ⅱ)の溶解度は60℃では40.0g，20℃では20.0gとする。(小数点以下第2位を四捨五入して，小数点以下第1位まで求めよ。)また，原子量は，H = 1.00，O = 16.0，S = 32.0，Cu = 64.0とせよ。

3　次の溶解度曲線のグラフを用いて各問の設問に答えなさい。なお，解答は整数値とし，必要なら四捨五入しなさい。また，化合物Cの式量は180とする。



問1　60℃の化合物Aの飽和水溶液315gを10℃まで冷却すると，析出するAの質量は［ア］［イ］gである。空欄［ア］，［イ］に最も適する数値をそれぞれ記しなさい。

問2　化合物Cの五水和物150gを60℃で全量溶解させるのに，少なくとも［ウ］［エ］［オ］gの水が必要である。空欄［ウ］～［オ］に最も適する数値をそれぞれ記しなさい。

問3　化合物Cの五水和物150gの60℃で飽和させた水溶液を20℃まで冷却すると，析出するCの五水和物の質量は［カ］［キ］gである。空欄［カ］，［キ］に最も適する数値をそれぞれ記しなさい。

問4　化合物Bと化合物Dの質量比が9：1の粉末200gを60℃で水200gに溶かした。この水溶液を徐々に冷却して純粋なBを得たい。BとDが互いの溶解度に影響を及ぼさないと仮定すると，再結晶で得ることが可能なBの質量は最大で［ク］［ケ］gである。空欄［ク］，［ケ］に最も適する数値をそれぞれ記しなさい。

第12講　確認テスト

1　空欄 ア ～ ウ にあてはまるものの組み合わせとして最適なものを次の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし，硝酸カリウムは水100gに対して，20℃で32gまで溶けるものとする。

硝酸カリウム10gを水に溶かすときに必要な最小量の水は，20℃では ア gであるが，60℃では9.1gになる。よって，60℃において，水50gに硝酸カリウムを イ gまで溶かすと飽和溶液になり，この飽和溶液を20℃に冷却すると， ウ gの硝酸カリウムが析出する。

	ア	イ	ウ
①	21	55	16
②	21	55	39
③	21	66	16
④	21	66	39
⑤	31	55	16
⑥	31	55	39
⑦	31	66	16
⑧	31	66	39

テキスト解答

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第１講　演習問題

1

5％

2

問１　1.008

問２　６種類

問３　4.3×10^3

3

問１　⑴ 25mol

⑵ 1.5×10^{25} 個

問２　㋓

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第2講　演習問題

1

1　⑨　　2　ⓔ　　3　③　　4　⑧　　5　③

2

⑨

3

問１　(d)

問２　(e)

問３　(e)

問４　48.8mL

4

(1)　880g　　(2)　16mol

5

4.1％

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第３講　演習問題

1

58

2

問１　４個

問２　12

問３　$2\sqrt{2}\,r$

問４　8.9 g/cm^3

3

1.1倍

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第４講　演習問題

1

(i)　ア：4　イ：1　(ii)　A：0.18　B：0.17　(iii)　4.0

2

(i)　0.23nm　(ii)　8　(iii)　2.3 g/cm^3

3

(ア)　4個　(イ)　1.7g/cm^3

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第５講　演習問題

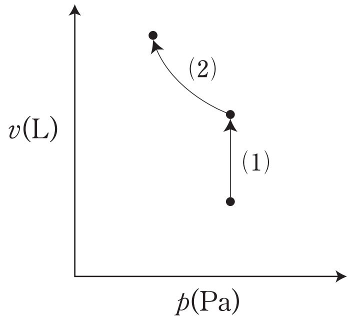
1

分子量　58.8　　分子式　C_3H_9N

2

(1)　171.1　　(2)　26.2mL

3



©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第６講　演習問題

1

(1)　(ニ)　　(2)　(ニ)　　(3)　(ニ)

2

(1)　(イ)　　(2)　3.0L　　(3)　1.6×10^5Pa　　(4)　1.3×10^5Pa

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第７講　演習問題

1

問１　⑤

問２　⑧

2

問１　1.1×10^{-1}mol

問２　(d)

問３　分圧：8.3×10^{4}Pa　　体積：2.9L

問４　8.7×10^{-2}mol

3

問１　2.6g

問２　9.6×10^{4}Pa

問３　6.5×10^{3}Pa

問４　7.9×10^{4}Pa

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第８講　演習問題

1

(1)　b　(2)　d　(3)　c　(4)　g　(5)　f

2

①

3

問１　4　問２　4　問３　2　問４　6

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第９講　演習問題

1

⑦

2

問１　c

問２　b

問３　f

3

(イ)

4

(1)　7.7×10^{-1}　(2)　-8.9×10^{2}kJ/mol　(3)　-2.2×10^{3}kJ/mol

第10講　演習問題

1

問１　(a)　(ウ)　　(b)　(ア)　　(c)　(イ)

問２　反応エンタルピー：変化しない
　　　活性化エネルギー：小さくなる
　　　反応速度：速くなる

問３　(3)

2

1：3　　2：0　　3：1　　4：5　　5：7　　6：0
7：5　　8：3　　9：2　　10：5　　11：7　　12：2
13：1　　14：2　　15：1

第11講　演習問題

1

問1　③

問2　(1)　③　　(2)　②　　(3)　⑤

問3　⑤

2

問1　④

問2　⑤

問3　④

問4　③

3

③

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第12講　演習問題

1

(a)　(ケ)　　(b)　(カ)　　(c)　(オ)

2

35.2g

3

問１　ア：4　　イ：5

問２　ウ：2　　エ：0　　オ：0

問３　カ：8　　キ：3

問４　ク：8　　ケ：0

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

確認テスト解答

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第１講　確認テスト

1　A：(ロ)　B：(ロ)　C：(ニ)

【解説】

C：10 × 0.2 ＋ 11 × 0.8 ＝ <u>10.8</u>

平均値であるため、存在率の高い 11 に近い数値になることから，(ニ)の 10.8 と答えることもできる。

2　ⓤ

【解説】

気体の分子量を M とすると，

$$\frac{4.5}{22.4} = \frac{6.5}{M}$$

$$M = \underline{32.4}$$

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第２講　確認テスト

1　③

【解説】

96％の硫酸を $V\mathrm{cm^3}$ とすると

$$V \times 1.84 \times \frac{96}{100} \times \frac{1}{98} = 0.10 \times \frac{200}{1000}$$

$$V = \underline{1.10}\mathrm{cm^3}$$

2　②

【解説】

$$(200 - 185) \times 2 = \underline{30\mathrm{mL}}$$

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第３講　確認テスト

1

問１　3　　問２　5　　問３　4

【解説】

問２

$$r = \frac{\sqrt{3}}{4} \times a$$

$$= \frac{1.73}{4} \times 4.28 \times 10^{-8} = \underline{1.85 \times 10^{-8}\text{cm}}$$

問３

$$\frac{23}{6.02 \times 10^{23}} \times \frac{2}{(4.28 \times 10^{-8})^3} = \underline{0.974\text{g/cm}^3}$$

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第4講　確認テスト

1　A：(ロ)　B：(ロ)　C：(ハ)

【解説】

A　面心立方格子であるため 4。

B　ナトリウムイオンだけに注目すると，面心立方格子であるため，4 個。

C　配位数は 6 であり，図の頂点にある Cl^- の隣にある Na^+ は 3 個であるため，図中に表されていないのは残り 3 個。

第５講　確認テスト

1　問１　(ウ)　　問２　(エ)

【解説】

問１　気体の状態方程式より，

$$M = \frac{wRT}{PV}$$

$$= \frac{0.27 \times 8.3 \times 10^{3} \times 320}{1.0 \times 10^{5} \times 0.10}$$

$$= \underline{71.71}$$

問２　$\frac{PV}{T}$ = 一定が成立するため，

$$\frac{2.00 \times 10^{5} \times 30.0}{(27 + 273)} = \frac{1.50 \times 10^{5} \times V}{(127 + 273)}$$

$$V = \underline{53.3\,(\mathrm{L})}$$

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第6講　確認テスト

1　(1)　a　　(2)　d

【解説】

(1)　メタン CH_4（分子量 16）$\frac{6.40}{16} = 0.4\text{mol}$

窒素 N_2（分子量 28）$\frac{8.4}{28} = 0.3\text{mol}$

水素 H_2（分子量 2）$\frac{1.6}{2} = 0.8\text{mol}$

標準状態(0℃，1.013×10^5Pa)であるため全圧は 1.013×10^5Pa と考えると，N_2 の分圧は

$$1.013 \times 10^5 \times \frac{0.3}{(0.4 + 0.3 + 0.8)} = \underline{2.026 \times 10^4\text{Pa}}$$

(2)　標準状態(0℃，1.013×10^5Pa)であるため，

$(0.4 + 0.3 + 0.8) \times 22.4 = \underline{33.6\text{L}}$

第７講　確認テスト

1　60℃：(2)　　100℃：(4)

【解説】

60℃において，水が全て気体とすると，

$$P = 0.01 \times 8.3 \times 10^{3} \times \frac{(60 + 273)}{100 \times 10 \times 10^{-3}}$$

$$= 2.76 \times 10^{4}\text{Pa} \quad > \quad 2.0 \times 10^{4}\text{Pa}$$

よって液体が生じており，蒸気の圧力は $\underline{2.0 \times 10^{4}\text{Pa}}$ となる。

100℃において，水が全て気体とすると，

$$P = 2.76 \times 10^{4} \times \frac{373}{333}$$

$$= 3.09 \times 10^{4}\text{Pa} \quad < \quad 1.0 \times 10^{5}\text{Pa}$$

よって全て気体であり，その圧力は $\underline{3.1 \times 10^{4}\text{Pa}}$ となる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第８講　確認テスト

1　㋒

【解説】

水酸化ナトリウムの溶解エンタルピーを Q kJ/mol とすると

$Q \times 0.5 - 56.5 \times 0.5 = -50.0$

$\underline{Q = -43.5\text{kJ/mol}}$

第9講　確認テスト

1　㋑

【解説】

プロパンの燃焼エンタルピーを Q kJ/mol とすると

$$Q \times \frac{11.2}{22.4} = -a$$

$$Q = -2a \text{ kJ/mol}$$

よって　$C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O \quad \Delta H = -2a \text{ kJ}$

となる。

プロパンの生成エンタルピーを x kJ/mol とすると

$$-2a = (3c + 4b) - x$$

$$\underline{x = 2a + 4b + 3c}$$

第10講　確認テスト

1　問１　㋑　　問２　㋒

【解説】

問１　温度が高くなると，粒子の運動エネルギーが大きくなり，活性化エネルギー以上のエネルギーをもつ粒子の割合が増加するため，速度定数が大きくなる。

問２　触媒を用いると活性化エネルギーの小さい反応経路で反応が進むため，反応速度が大きくなる。

第11講　確認テスト

1　㋖

【解説】

x mol の四酸化二窒素が反応したとすると

	N_2O_4	$\rightleftarrows$ $2NO_2$	（10L）
反応前	0.5	0	
変化量	$-x$	$+2x$	
平衡後	$0.5-x$	$2x$	

となる。

よって

$$K=\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

$$=\frac{\left(\frac{2x}{10}\right)^2}{\left(\frac{0.5-x}{10}\right)}$$

$$=0.4$$

より，$x^2+x-0.5=0$

$$x=\frac{0.73}{2}$$

二酸化窒素は $2x$ mol であるため，濃度は

$\frac{2x}{10}=7.3\times10^{-2}$ mol/L となる。

2　㋔

【解説】

①では全 mol 数が減少する方向に平衡は移動する。

よって平衡が右に移動するのは

左辺の係数の和＞右辺の係数の和

となっている㋒㋓㋔

②では吸熱方向に平衡が移動する。

よって平衡が右に移動するのは右向きが吸熱反応になっている㋐㋑㋔

以上より，どちらも満たしているのは㋔である。

第12講　確認テスト

1　⑥

【解説】

ア　20℃の溶解度が32gであることから，10gの硝酸カリウムを溶解させるために必要な水をxgとすると，

$$10 : x = 32 : 100$$
$$x = \underline{31.2}$$

イ　60℃において水50gに溶解する硝酸カリウムをygとすると，

$$y : 50 = 10 : 9.1$$
$$y = 54.9$$

ウ　20℃で水50gに対して溶解する硝酸カリウムzgは

$$z : 50 = 32 : 100$$
$$z = 16$$

よって析出する硝酸カリウムは

$54.9 - 16 = 38.9$gとなる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

はじめに

みなさん，こんにちは。

スタンダードレベル化学理論編では，化学の基礎から標準の問題を扱います。

少し余力のある方は，同じ単元のトップ＆ハイレベルの問題にもチャレンジしてみてください ね。

最後まであきらめず，やり抜きましょう。

応援しています。

坂田　薫

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

目次

第６章　溶液

第13講　溶解度積

第14講　気体の溶解度

第15講　希薄溶液の性質

第７章　酸と塩基

第16講　酸・塩基①

第17講　酸・塩基②

第18講　酸・塩基平衡

第８章　酸化還元・電気化学

第19講　酸化還元①

第20講　酸化還元②

第21講　電池①

第22講　電池②

第23講　電気分解①

第24講　電気分解②

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第13講　溶解度積

1　固体の溶解平衡

(3)　溶解度積（難溶性物質）

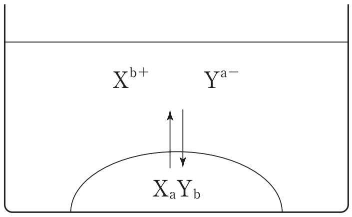
(i)　溶解度積

X_aY_b(固) $\rightleftarrows$ aX^{b+} ＋ bY^{a-} において

$$K=\frac{[X^{b+}]^a[Y^{a-}]^b}{[X_aY_b(固)]}$$

固体の濃度は一定なので，

$$K[X_aY_b(固)]=\underbrace{K_{sp}}_{溶解度積}=[X^{b+}]^a[Y^{a-}]^b$$



※沈殿の有無判定

溶液中のX^{b+}とY^{a-}の濃度の積を溶解度積K_{sp}と比較する。

$[X^{b+}]^a[Y^{a-}]^b$ ＜ K_{sp} …… 沈殿なし

$[X^{b+}]^a[Y^{a-}]^b$ ＝ K_{sp} …… 飽和溶液（沈殿が生じる瞬間）

$[X^{b+}]^a[Y^{a-}]^b$ ＞ K_{sp} …… 沈殿あり（沈殿＋飽和溶液）

(ii)　難溶性の塩（沈殿）

沈殿しない

・NH_4^+，アルカリ金属イオン

・強酸由来の陰イオン

NO_3^-

SO_4^{2-}（アルカリ土類金属イオン，Pb^{2+}は沈殿）

Cl^-（Pb^{2+}，Ag^+，Hg_2^{2+}は沈殿）

沈殿する

・OH^-，O^{2-}（アルカリ金属イオン，アルカリ土類金属イオンは溶解）

・弱酸由来の多価の陰イオン

CO_3^{2-}，$C_2O_4^{2-}$，SO_3^{2-}（NH_4^+，アルカリ金属イオンは溶解）

S^{2-}（イオン化傾向Al以上は溶解）

※いずれも強酸性にすると溶解（S^{2-}→イオン化傾向Sn以下は不溶）

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第13講　演習問題

1　以下の設問(1)と設問(2)に答えよ。

(1)　塩化銀の飽和水溶液の濃度を1.50×10^{-5}mol/L(25℃)としたとき，塩化銀の溶解度積$K_{sp(AgCl)}$を有効数字3桁で求めよ。

(2)　塩化銀の飽和水溶液1.00Lに塩化ナトリウム0.585gを加え，25℃で反応させた。この反応が平衡状態に達したとき，水溶液に残っている銀(Ⅰ)イオンの濃度を有効数字3桁で求めよ。ただし，塩化ナトリウムの溶解ならびに反応にともなう水溶液の体積の変化は無視できるものとする。なお，塩化銀の溶解度積$K_{sp(AgCl)}$は設問(1)で求めた値を用いよ。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　次の記述を読んで，後の各問いに答えよ。

硫化水素H_2Sは2価の酸で，その水溶液は弱酸性を示し，25℃では次のような電離平衡が成り立っている。ただし，K_1，K_2はそれぞれの電離定数である。

$$H_2S \rightleftarrows H^+ + HS^-, \quad K_1 = \frac{[H^+][HS^-]}{[H_2S]} = 1.0\times10^{-7}\,[\mathrm{mol/L}] \quad (1)$$

$$HS^- \rightleftarrows H^+ + S^{2-}, \quad K_2 = \frac{[H^+][S^{2-}]}{[HS^-]} = 1.3\times10^{-14}\,[\mathrm{mol/L}] \quad (2)$$

両式の反応を組み合わせると，その反応の電離定数Kは，次のように表される。

$$H_2S \rightleftarrows 2H^+ + S^{2-}, \quad K = \frac{[H^+]^2[S^{2-}]}{[H_2S]} = 1.3\times10^{-21}\,[(\mathrm{mol/L})^2] \quad (3)$$

このような性質を有するH_2Sを，金属元素の陽イオンM^{2+}の水溶液に吹き込むと，いろいろな金属硫化物MSが沈殿する。水に溶けにくい金属硫化物は，ごくわずか溶けるだけで飽和溶液になる。溶けた金属硫化物はほぼ完全に電離しており，溶解平衡が成り立つ。この反応の平衡定数K_{MS}は次のように表される。

$$MS(固) \rightleftarrows M^{2+} + S^{2-}, \quad K_{MS} = \frac{[M^{2+}][S^{2-}]}{[MS(固)]} \quad (4)$$

ここで，飽和溶液では固体の濃度[MS(固体)]は一定とみなしてよいので，温度が一定ならば，水溶液中の金属イオンと硫化物イオンのモル濃度の積は，式(5)のように一定値となる。この一定値$K_{sp(MS)}$を溶解度積という。

$$[M^{2+}][S^{2-}] = K_{MS}[MS(固)] = K_{sp(MS)} \quad (5)$$

銅(Ⅱ)イオン，鉛(Ⅱ)イオンおよび亜鉛(Ⅱ)イオンのそれぞれの金属イオンを含む水溶液に，H_2Sを吹き込んだときの$K_{sp(MS)}$の値(室温付近)を式(6)，(7)，(8)に示す。

$$K_{sp(CuS)} = [Cu^{2+}][S^{2-}] = 6.5\times10^{-30}\,[(\mathrm{mol/L})^2] \quad (6)$$

$$K_{sp(PbS)} = [Pb^{2+}][S^{2-}] = 1.0\times10^{-26}\,[(\mathrm{mol/L})^2] \quad (7)$$

$$K_{sp(ZnS)} = [Zn^{2+}][S^{2-}] = 2.2\times10^{-18}\,[(\mathrm{mol/L})^2] \quad (8)$$

1. 硫化水素の水溶液に関する以下の(1)～(4)の問いについて，正しい答えを{(ア)増加する　(イ)減少する　(ウ)変化しない}のうちから一つ選べ。
   (1)　硫酸銅(Ⅱ)溶液を加えるとCuSの沈殿を生じる。H_2Sの濃度はどうなるか。
   (2)　食塩を溶解するとHS^-の濃度はどうなるか。
   (3)　硫化ナトリウムを少量溶かすとH^+の濃度はどうなるか。
   (4)　硫化ナトリウムを少量溶かすとH_2Sの濃度はどうなるか。
2. 硫化水素の飽和水溶液の濃度を0.1mol/Lとするとき，
   (1)　この水溶液のH^+の濃度[mol/L]はいくらになるか。ただし，$K_1 \gg K_2$であるから，H^+は式(1)だけで考えてよい。
   (2)　この水溶液のS^{2-}の濃度[mol/L]はいくらになるか。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

3. $K_{sp(MS)}$値から考えると，CuS，PbS，ZnSのうち，水に最も溶けやすい塩はどれか，化学式で答えよ。

4. Zn^{2+}を含む水溶液にH_2Sを吹き込んで飽和させたとき，水溶液のpH変化に対して，ZnSの沈殿はどうなるか，次の(イ)～(ハ)のうちから，正しいものを一つ選べ。ただし，温度は一定とする。

(イ) pHを下げていくと，沈殿が生じやすくなる

(ロ) pHを上げていくと，沈殿が生じやすくなる

(ハ) pHを変化させても，沈殿量に変化はない

5. 水1L中に，それぞれ1.0×10^{-8}molのCu^{2+}とPb^{2+}を含む混合溶液にH_2Sを吹き込み，S^{2-}濃度を1.0×10^{-19}mol/Lに保ったとき，溶液はどうなるか。次の(イ)～(ニ)のうちから，正しいものを一つ選べ。

(イ) CuSのみが沈殿する　(ロ) PbSのみが沈殿する

(ハ) CuSとPbSが沈殿する　(ニ) CuS，PbSともに沈殿しない

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第13講　確認テスト

1　つぎの文を読み，以下の各問いに答えなさい。

難溶性のハロゲン化銀(AgX：Xはハロゲン原子を表す)を水に入れ，よくかきまぜて飽和水溶液を調製すると，得られた飽和水溶液中の溶解度積($K_{sp}=[Ag^+][X^-]$)は，温度が変わらなければ一定の値である。下表は，ある温度における2種類のハロゲン化銀の溶解度積である。この温度に保って以下の問に示す実験を行った。

表　ハロゲン化銀の溶解度積

ハロゲン化銀	K_{sp}[mol^2/L^2]
AgCl	1.8×10^{-10}
AgBr	5.2×10^{-13}

問1　塩化銀の飽和水溶液に塩酸を加えていったところ，この飽和水溶液中の塩化物イオン濃度[Cl^-]が0.10mol/Lになった。このときの飽和水溶液の銀イオン濃度[mol/L]として適切な値をa～eの中から一つ選び，記号で答えなさい。

a.　1.8×10^{-10}　b.　1.8×10^{-9}　c.　1.8×10^{-8}　d.　1.8×10^{-7}　e.　1.8×10^{-6}

問2　塩化カリウム1.0×10^{-2}molと臭化カリウム1.0×10^{-4}molを含む混合水溶液が100mLあり，この水溶液に硝酸銀水溶液を少しずつ加えた。このときの沈殿生成の状況として適切な記述をa～eの中から一つ選び，記号で答えなさい。

a.　塩化銀が先に沈殿し始め，その後，塩化銀と臭化銀の沈殿が共に生成する
b.　臭化銀が先に沈殿し始め，その後，塩化銀と臭化銀の沈殿が共に生成する
c.　塩化銀と臭化銀が同時に沈殿し始める
d.　塩化銀の沈殿の生成が終了後，臭化銀が沈殿し始める
e.　臭化銀の沈殿の生成が終了後，塩化銀が沈殿し始める

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第14講　気体の溶解度

1　気体の溶解平衡

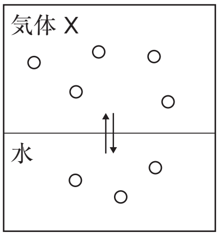
炭酸水の入ったびんの蓋をあけると，炭酸水から二酸化炭素が出ていく。また，炭酸水を常温で放置しても炭酸水から二酸化炭素が出ていく。このような現象はどうして起こるのか。気体の溶解平衡について考えていく。

(1) 気体の溶解平衡

(i) 温度との関係

気体の溶解度は，温度を上げると小さくなる。
温度を上げると気体の熱運動が激しくなり，気体が水中から気相へ出ていくためである。

これを平衡で考えるなら，気体の溶解平衡は発熱反応であり，温度を上げると平衡が左に移動し，溶解量が減少するためである。



X(気)$\rightleftarrows$X(水)$+Q$kJ

(ii) 表し方

大気圧(1.013×10^5Pa)のもとで一定量の水に溶解する量で表す。体積で表すときには，標準状態(0℃，1.013×10^5Pa)に換算したもので表すのが一般的である。

(2) ヘンリーの法則

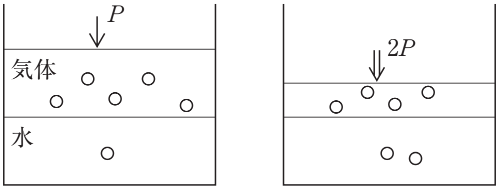
(1)の(i)で述べた，気体の溶解平衡の平衡定数を表すと

$$K=\frac{[\mathrm{X(水)}]}{[\mathrm{X(気)}]}=\frac{[\mathrm{X(水)}]}{\dfrac{P_x}{RT}}$$

これより，

$$[\mathrm{X(水)}]=\underbrace{\frac{K}{RT}}_{定数}\cdot P_x$$

となり，これより，気体の溶解量は圧力(混合気体の場合には分圧)に比例することがわかる。これがヘンリーの法則である。



（圧力を２倍にすると
水に溶解する気体のmolも２倍）

(3)　**気体の溶解平衡の計算**

(2)のヘンリーの法則で確認した通り，気体の溶解量は気体の圧力（分圧）に比例する。また，水の量が増加すれば，そのぶん気体の溶解量は増加するため，水の体積にも比例する。

気体の溶解量＝溶解度×圧力倍×水の体積倍

例　N_2 は 0℃，1×10^5 Pa のもとで水 1L に 1×10^{-3} mol 溶解する。0℃，3×10^5 Pa のもとで N_2 は水 2L に何 mol 溶解するか。

解：6×10^{-3} mol

注：気体の溶解量を体積で問われている場合，条件をしっかり確認しなくてはならない。気体の体積は温度と圧力の条件により，大きく変化するためである。

ⓒRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第14講　演習問題

1　下記の設問に答えよ。

右の表はそれぞれの気体が分圧1.01 × 10^5Paで水に接しているときに，水1.00Lに溶ける気体の物質量を表している。

気体の分圧が1.01 × 10^5Paのとき，
水1.00Lに溶ける気体の物質量（× 10^{-3}mol）

温度（℃）＼気体	H_2	N_2	O_2
(A)	0.954	1.03	2.18
20	0.870	0.679	1.38
(B)	0.839	0.518	1.03

1. 温度(A)として適切な温度を次の選択肢より選び，記号で記せ。
   a. 0℃　　b. 40℃　　c. 60℃　　d. 100℃
2. 20℃，3.03 × 10^5Paの条件下で，窒素と酸素（体積比3：1）との混合気体が水と接しているとき，水1.00Lに溶けている窒素と酸素はそれぞれ何mgか。有効数字2桁で求めよ。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　次の文を読み，問1～問3に答えよ。ただし，気体は理想気体としてふるまうものとする。また，必要があれば次の数値を用いること。原子量H＝1.00，C＝12.0，N＝14.0，O＝16.0，気体定数R＝8.31×10^3Pa・L/(mol・K)

一般に，溶媒への気体の溶解度は温度が低くなると［(a)］くなる。温度が低いときは気体分子の熱運動がおだやかであるため，溶媒分子と気体分子の間に働く［(b)］のために，多くの気体分子が溶媒中に存在する。一方，温度が高くなると，気体分子の熱運動がはげしくなり，［(b)］を振り切って，溶媒から飛び出していく気体分子が多くなる。

一定温度における溶媒への気体の溶解度については，ヘンリーの法則が成り立つ。ヘンリーの法則は，溶解度が［(c)］く，溶媒と［(d)］しない気体に対して，圧力のあまり高くない範囲で成り立つ。

問1　文中の［(a)］～［(d)］に当てはまる最も適当な語句を記せ。

問2　空気はO_2とN_2が20：80の体積比で混合した気体とみなせる。20℃で，1.00Lの水に1.01×10^5Paの空気が接しているとき，この水の中に溶けているO_2は何mgか。有効数字2桁で求め，数値を記せ。ただし，20℃での1.00Lの水へのO_2の溶解度は，O_2の分圧が1.01×10^5Paのとき，1.40×10^{-3}molである。

問3　水への気体の溶解度測定に関して，30℃，1.01×10^5Paにおいて以下の実験を行った。

［操作1］　内容積が100.00mLの注射器に50.00mLの気体のCH_4をとり，注射器の先端を閉じた。

［操作2］　［操作1］の注射器の先端を再び開き，空気が入らないように50.00mLの水をとり，注射器の先端を閉じた。

［操作3］　［操作2］の注射器を充分振り，CH_4を溶解させた。

この実験について以下の問いに答えよ。

1）溶け残ったCH_4の体積は48.40mLであった。30℃での1.00Lの水へのCH_4の溶解度は，CH_4の分圧が1.01×10^5Paのとき，何molか。有効数字2桁で求め，数値を記せ。

2）30℃，2.02×10^5Paにおいて同様の実験を行った場合，50.00mLの水に溶解するCH_4は2.02×10^5Paで何mLか。有効数字2桁で求め，数値を記せ。

3　N_2は0℃，1×10^5Paのもとで水1mLに0.022mL溶解する。0℃，3×10^5Paのもとで水1Lに溶解するN_2は標準状態(0℃，1.013×10^5Pa)に換算すると何mLか。また，この条件のもとでは何mLか。

第14講　確認テスト

1　下記のヘンリーの法則に関する記述について，問いに答えよ。

水に対する気体の溶解度は，一般に温度が高いほど［ア］なる。これは，温度が高くなると，気体分子の［イ］が激しくなるためである。温度が一定ならば，気体の水への溶解度は，その気体の［ウ］に比例する。これをヘンリーの法則という。

問１　上の文章を完成させるのに，［ア］～［ウ］に入れるべき語句の正しい組み合わせはどれか。

	［ア］	［イ］	［ウ］		［ア］	［イ］	［ウ］
(1)	小さく	ブラウン運動	体積	(2)	大きく	ブラウン運動	体積
(3)	小さく	熱運動	体積	(4)	大きく	熱運動	体積
(5)	小さく	ブラウン運動	圧力	(6)	大きく	ブラウン運動	圧力
(7)	小さく	熱運動	圧力	(8)	大きく	熱運動	圧力

問２　次に示す気体(a)～(d)のうち，水に溶解するときヘンリーの法則が適用できるもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

(a)　H_2　(b)　N_2　(c)　NH_3　(d)　CH_4

(1)　[(a)，(b)]　(2)　[(a)，(c)]　(3)　[(a)，(d)]　(4)　[(b)，(c)]
(5)　[(b)，(d)]　(6)　[(c)，(d)]　(7)　[(a)，(b)，(c)]　(8)　[(a)，(b)，(d)]
(9)　[(a)，(c)，(d)]　(10)　[(b)，(c)，(d)]

問３　ヘンリーの法則が成立する理想気体が，ある温度と圧力のもとで，一定量の水と接している。いま，気体の圧力がP[Pa]のとき，水に溶解している気体の物質量および体積をそれぞれn[mol]およびV[L]とすると，温度一定のままで気体の圧力を3倍にしたとき，溶解した気体の物質量[mol]はいくらか。また，その時の圧力下での溶解した気体の体積[L]はいくらになるか。正しい組み合わせを選べ。

	物質量[mol]	体積[L]		物質量[mol]	体積[L]		物質量[mol]	体積[L]
(1)	$\frac{n}{3}$	$\frac{V}{3}$	(2)	$\frac{n}{3}$	V	(3)	$\frac{n}{3}$	$3V$
(4)	n	$\frac{V}{3}$	(5)	n	V	(6)	n	$3V$
(7)	$3n$	$\frac{V}{3}$	(8)	$3n$	V	(9)	$3n$	$3V$

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

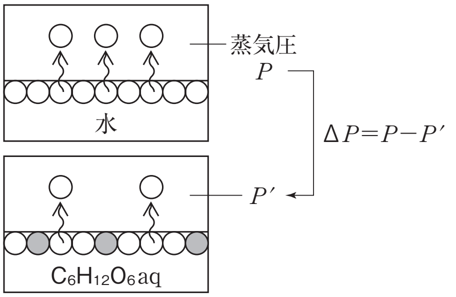
第15講　希薄溶液の性質

2　希薄溶液の性質

通常，溶液を捉えていくとき，溶けている溶質の粒子間にはたらく力は考えていない。それは希薄溶液であり，溶質粒子間の距離が大きいからである。
よって希薄溶液は溶質粒子の種類に関係なく，粒子数(濃度)のみに左右される性質(溶液の束一性)をもつ。そのため，問題を解くときには，電解質や二量体などに注意が必要である。

(1)　蒸気圧降下

溶媒に不揮発性の溶質を溶かして溶液にすると，溶媒のみのときに比べて蒸気圧が降下する。降下する度合い(ΔP)は濃度※に比例する。
※温度が変化すると液体の体積は変化してしまうため，濃度も変化してしまう。よって温度変化をみていくこの単元は，溶媒を質量で表記する質量モル濃度で表していく。



$$\Delta P = \underset{\text{定数}}{K} \cdot \underset{\text{質量モル濃度}}{m}$$

$$\Delta P = \underset{\text{溶媒の蒸気圧}}{P} \cdot \underset{\text{定数}}{x}$$

(2)　沸点上昇

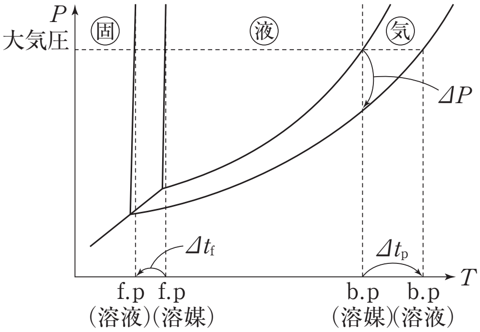
溶媒に不揮発性の溶質を溶かして溶液にすると，溶媒のみのときに比べて沸点は上昇する。上昇する度合い(Δt_b)は質量モル濃度に比例する。

$$\Delta t_b = \underset{\text{定数}}{K} \cdot \underset{\text{質量モル濃度}}{m}$$

(3)　凝固点降下

溶媒に不揮発性の溶質を溶かして溶液にすると，溶媒のみのときに比べて凝固点は降下する。降下する度合い(Δt_f)は質量モル濃度に比例する。

$$\Delta t_f = \underset{\text{定数}}{K} \cdot \underset{\text{質量モル濃度}}{m}$$



状態図

©RECRUIT HOLDINGS

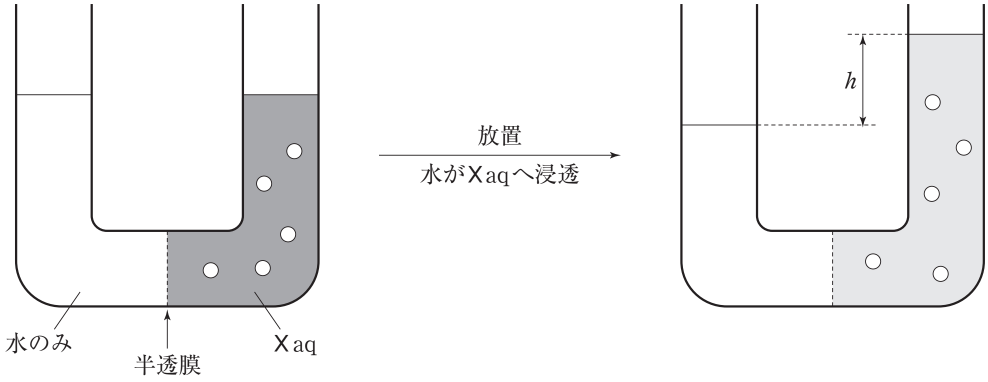
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(4) 浸透圧

図のように半透膜で仕切ったU字管の左右に，溶媒と溶液を同じ高さまで入れて放置すると，溶媒が溶液へ侵入する(浸透)。この浸透を阻止するためには，溶液側に圧力を加えなくてはならない。この圧力が浸透圧Πである。Πは溶液の濃度と圧力に比例する。

$$\Pi = \underset{\text{モル濃度}}{c} \cdot \underset{\text{気体定数}}{R} \cdot \underset{\text{絶対温度}}{T}$$

溶液側に圧力を加えず放置すると，図のように溶液側と溶媒側に液面差hが生じることになる。このとき，h分の溶液の重さによる圧力と浸透する力が釣り合ったところで，浸透が止まっている。



☆凝固点降下や浸透圧は分子量測定の一つであるため，この単元以外の問題でも出会うことになる。しっかり復習しておこう。

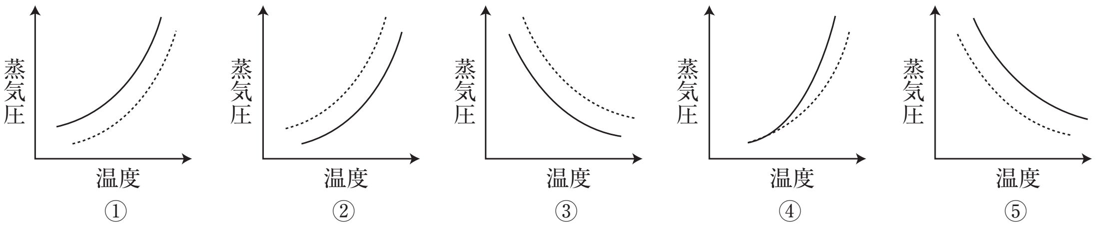
©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第15講　演習問題

1

〔Ⅰ〕

問1　純粋な水の蒸気圧曲線と希薄水溶液の蒸気圧曲線の関係を最も適切に示すグラフを，図に示す①～⑤のグラフのうちから一つ選び，その番号を記せ。ただし純粋な水の蒸気圧曲線は破線で，希薄水溶液の蒸気圧曲線は実線で表している。



問2　水のモル凝固点降下を1.85℃･kg/molとし，0.400mol/kgのスクロース水溶液の凝固点降下度を計算せよ。

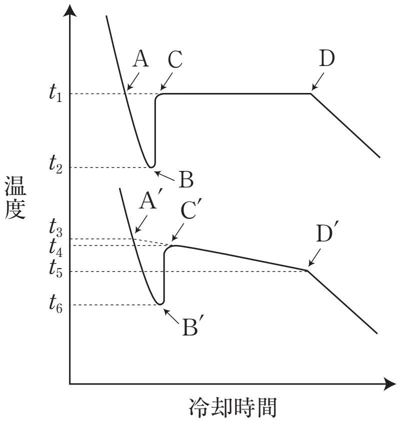
問3　塩化カルシウム二水和物(式量147)4.41gを水100gに溶かした水溶液の凝固点降下度を計算せよ。ただし，水のモル凝固点降下を1.85℃･kg/molとし，塩化カルシウムは完全にCa^{2+}と$2Cl^-$に電離すると考えよ。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

〔Ⅱ〕 つぎの文章を読み，以下の問に答えよ。

図のふたつのグラフは，純粋な水の場合と，スクロース水溶液の場合の冷却曲線を表している。これらの液体を冷却していくと，時間とともに液体の温度は低下し，B点およびB′点まで温度が低下した後，C点およびC′点まで急激に上昇した。さらに冷却を続けるとC点からD点までは温度が変化しなかったが，C′点からD′点までは少しずつ温度が低下した。D点およびD′点をすぎると，大きく温度が低下するようになった。



t_3は直線C′D′の延長線とグラフとの交点の温度
t_4はC′点の温度

問1. つぎのⅰ)～ⅴ)の領域のうち，固体の状態の水を含むものをすべて選び，記号で答えよ。

ⅰ） A′点まで　ⅱ） A′点からB′点まで　ⅲ） B′点からC′点まで
ⅳ） C′点からD′点まで　ⅴ） D′点以降

問2. スクロース水溶液の凝固点を示しているのはt_1～t_6のうちのどれか答えよ。

問3. スクロース水溶液の凝固点降下度をt_1～t_6のうち適当なものを用いて表せ。

問4. 冷却曲線にB点およびB′点のように極小がみられるのは何と呼ばれる現象によるものか答えよ。

問5. B点からC点まで温度が上昇する理由として最も適当なものを次の中から選び記号で答えよ。

ア） 氷の融解に伴い，融解熱が発生するから
イ） 水の凝固に伴い，凝固熱が発生するから
ウ） 水の凝固に伴い，凝固熱を吸収するから
エ） 氷の融解に伴い，融解熱を吸収するから

問6. C′点からD′点まで，少しずつ温度が下がる理由として最も適当なものを次の中から選び記号で答えよ。

ア） 溶液の濃度が下がり，凝固点が下がるから
イ） 溶液の濃度が下がり，凝固点が上がるから
ウ） 溶液の濃度が上がり，凝固点が上がるから
エ） 溶液の濃度が上がり，凝固点が下がるから

©RECRUIT HOLDINGS

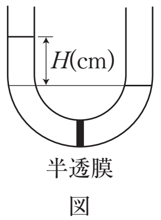
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　次の文章を読み，問1～問3に答えよ。

U字に曲げた太さ一定のガラス管の中心を半透膜で仕切った装置を作製し，以下の実験を行った。

実験1：2価の金属原子Aと1価の非金属原子Bの塩AB_2は水溶液中，以下の式に従って電離度αで電離している。　$AB_2 \rightleftarrows A^{2+} + 2B^-$

濃度x(mol/L)のこの塩の水溶液を半透膜を介して左側に入れた。また，水を右側に同量満たし，しばらく放置すると下図のように左右の液面の差がH(cm)となった。



図

実験2：完全に電離する1価の金属Cと1価の非金属Dの塩CDの水溶液の濃度を，y(mol/L)に調整した。同様な装置を用いて，実験1と同様，半透膜を介し塩CDの水溶液を左側に，水を右側に同量満たした。しばらく放置すると実験1と同じ液面差H(cm)が得られた。ただし，x，yは電離前の濃度とする。

問1　実験1で用いた塩AB_2の水溶液1L中に含まれる溶質の粒子数を記せ。アボガドロ定数はN_A(mol^{-1})とする。

問2　実験2で用いた塩CDの濃度yは塩AB_2の濃度xの何倍になるか記せ。

問3　液面差H(cm)の浸透圧は何Paか記せ。ただし水溶液柱1cmに相当する圧力は98Paとする。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第15講　確認テスト

1　沸点上昇に関する問1～問3に答えなさい。ただし，電解質は水溶液中ですべて電離するものとする。

問1　不揮発性の非電解質の希薄溶液の質量モル濃度をm[mol/kg]，沸点上昇度をΔt[K]，モル沸点上昇をK_bとすると，m，Δt，K_bの間には［ A ］の関係が成り立つ。［ A ］にあてはまる式をa～eから選びなさい。

a.　$\Delta t = K_b \times m$　　b.　$K_b = \Delta t \times m$　　c.　$m = \Delta t \times K_b$　　d.　$\Delta t = K_b \times m^2$

e.　$K_b = \Delta t^2 \times m$

問2　水100gにグルコース$C_6H_{12}O_6$1.80gを溶かしたとき，大気圧下における沸点が0.0515K上昇した。ただし，原子量はH＝1，C＝12，N＝14，O＝16，Na＝23，S＝32とする。また，すべての操作は大気圧下で行ったものとし，大気圧は1.013×10^5Paとする。

(1)　水1000gに尿素$(NH_2)_2CO$ 3.00gを溶かすと，沸点は何K上昇するか。最も近い値をa～eから選びなさい。

a.　0.0258　　b.　0.0515　　c.　0.103　　d.　0.155　　e.　0.206

(2)　水500gに硫酸ナトリウム7.10gを溶かすと，沸点は何K上昇するか。最も近い値をa～eから選びなさい。

a.　0.0258　　b.　0.0515　　c.　0.103　　d.　0.155　　e.　0.206

問3　次のa～eについて，(1)と(2)に答えなさい。

a.　水　　b.　0.1mol/kg塩化ナトリウム水溶液　　c.　0.1mol/kg塩化マグネシウム水溶液

d.　0.1mol/kg尿素水溶液　　e.　0.1mol/kgスクロース水溶液

(1)　同温での蒸気圧が最も大きいものをa～eから一つ選びなさい。

(2)　同圧下での沸点が最も高いものをa～eから一つ選びなさい。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第７章　　酸と塩基

第16講　酸・塩基①

1　酸と塩基

固体を反応させやすくするために，水溶液にすることが多いが，水の中では水のイオン積の束縛を受ける。水素イオンと水酸化物イオンは水のイオン積を超えて共存することはできないのである。よって，まずは水素イオンを生成するもの，水酸化物イオンを生成するもの，すなわち酸と塩基をきちんと判断しなくてなならない。

(1)　**定義**

(i)　**アレニウスの定義**

酸　：水中で水素イオン(H^+)を生じるもの
塩基：水中で水酸化物イオン(OH^-)を生じるもの

(ii)　**ブレンステッド・ローリーの定義**

酸　：水素イオン(H^+)を与えるもの
塩基：水素イオン(H^+)を受け取るもの

注：水中で水素イオン(H^+)はオキソニウムイオン(H_3O^+)として存在している。

(2)　**強弱**

(i)　**電離度**α

$$\alpha = \frac{\text{電離した酸(塩基)}}{\text{溶解した酸(塩基)}}$$

強酸　$\alpha = 1$

H_2SO_4，HNO_3，HCl，HBr，HI

強塩基　$\alpha = 1$

KOH，$NaOH$，$Ba(OH)_2$，$Ca(OH)_2$

上記以外が弱酸弱塩基($\alpha < 1$)であり，αは濃度によって変化する(→弱酸の電離平衡)

(ii)　**電離定数**$K_a K_b$

酸　$HA \rightleftarrows H^+ + A^-$　　$K_a = \dfrac{[H^+][A^-]}{[HA]}$

塩基　$YOH \rightleftarrows Y^+ + OH^-$　　$K_b = \dfrac{[Y^+][OH^-]}{[YOH]}$

詳細は電離平衡の単元になるが，K_a(K_b)が大きいということは，強い酸(塩基)ということになる。これを使うと，αが１の強酸の中でも強弱を比較できるようになる。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

⑶　価数

１分子の酸（塩基）が出しうる水素イオン H^+（水酸化物イオン OH^-）の数を価数とよぶ。通常化学式を見れば判断できる。二酸化炭素 CO_2（２価）とアンモニア NH_3（１価）のみ化学式からは判断できないため，注意が必要である。

⑷　中和反応と量的関係

酸と塩基の反応を中和反応とよぶ。通常 H^+ と OH^- から水ができるため，下記の式のように表すことができる。

$$H^+ \quad + \quad OH^- \quad \longrightarrow \quad H_2O$$

酸と塩基が過不足なく反応する点が中和点であり，中和点では酸のもつ水素イオン H^+ の物質量と塩基のもつ水酸化物イオン OH^- の物質量が一致する。

これより，中和点では

酸の物質量×価数＝塩基の物質量×価数

が成立する。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(5) 水のイオン積とpH

(ⅰ) 水のイオン積

水は次のように電離している。

$$H_2O \longrightarrow H^+ + OH^- \quad \Delta H = 56\,kJ$$

平衡定数Kは

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

となるが，水の濃度は一定と考えることができるため，

$$K[H_2O] = K_w = [H^+][OH^-]$$

と表すことができる。これを水のイオン積K_wという。

平衡定数は温度で変化するため，水のイオン積も温度で変化する。25℃のとき水のイオン積は1.0×10^{-14} (mol/L)^{2}である。

(ⅱ) 水素イオン濃度と液性

(ⅰ)で述べたように，温度が一定であるかぎり，水素イオン濃度と水酸化物イオン濃度の積は水のイオン積で一定となる。これを利用し，水素イオン濃度の割合で溶液の液性を定める。25℃で考えると

$[H^+] > [OH^-]$すなわち$[H^+] > 1.0 \times 10^{-7}$ mol/Lのとき酸性

$[H^+] = [OH^-]$すなわち$[H^+] = 1.0 \times 10^{-7}$ mol/Lのとき中性

$[H^+] < [OH^-]$すなわち$[H^+] < 1.0 \times 10^{-7}$ mol/Lのとき塩基性

(ⅲ) pH

(ⅱ)のように，水素イオン濃度の割合で溶液の液性を表す。しかし水素イオン濃度の変化は極めて大きいため，対数をとったpHという指数を用いて表していく。

$$pH = -\log[H^+]$$

また，水酸化物イオン濃度の対数はpOHである。

$$pOH = -\log[OH^-]$$

25℃のとき

$$pH + pOH = 14$$

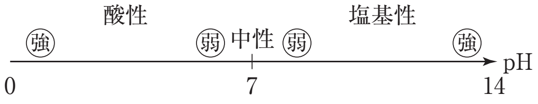
以上より，

pH＜7のとき酸性

pH＝7のとき中性

pH＞7のとき塩基性

となる。



2　塩

中和反応が起こると，水とともにイオン結合性物質が生じる。これが塩である。酸の水素イオンを他の陽イオンで置き換えたもの，もしくは塩基の水酸化物イオンを他の陰イオンで置き換えたものと考えることができる。これら塩の液性や反応を考えていく。

(1)　分類

		例
酸性塩	………酸の H^+ が残っている塩	$NaHCO_3$
塩基性塩	……塩基の OH^- が残っている塩	$CuCl(OH)$
正塩	…………酸の H^+ も塩基の OH^- も残っていない塩	NH_4Cl

液性とは関係ないことに注意しなくてはならない。

(2)　液性

酸 HX と塩基 YOH の中和反応で生じる塩 YX で考える。

液性は通常，HX と YOH の強弱で判断できる。

		Y YOH 由来	X HX 由来			例
	①	SB	SA	―正塩→	中性	NaCl
	②	SB	SA	―酸性塩→	酸性	$NaHSO_4$
強い方の性質を示す	③	SB	WA	――→	塩基性	$NaHCO_3$
強い方の性質を示す	④	WB	SA	――→	酸性	NH_4Cl

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第16講　演習問題

1　アンモニアNH_3は水中で次の式に示す電離平衡が成り立っている。

$$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$$

この式において，ブレンステッドとローリーの定義による酸としてはたらいているものはどれか。2つ答えよ。

2

（Ⅰ）　次の(A)から(C)の水溶液をpHの小さいものから順に左から並べ，記号で答えよ。

(A)　1.0mol/Lの酢酸水溶液（電離度は0.0050）

(B)　0.010mol/Lの硫酸（電離度は1.0）

(C)　1.0mol/Lの塩酸10mLを容器に入れ，全体を純水で1.0Lに希釈した水溶液（電離度は1.0）

（Ⅱ）　塩化水素は水溶液中で完全に電離するとして，次の問いに答えよ。ただし，水溶液の温度は25℃に保つものとする。有効数字2桁で答えよ。また，log2＝0.30とする。

(1)　pH4.0の塩酸を純水で5.0倍に希釈して得られる水溶液のpHを求めよ。

(2)　pH4.0の塩酸を純水で希釈して，pH5.4の塩酸を調製するには，もとの塩酸を何倍に希釈しなければならないか。

3　中和滴定に関する次の記述を読み，問1～問3に答えよ。

シュウ酸二水和物0.63gを水100mLに溶かし，シュウ酸標準液Aとした。ある水酸化ナトリウム水溶液Bの10.0mLを，シュウ酸標準液Aを用いて滴定したところ，水酸化ナトリウム水溶液Bの濃度は0.12mol/Lであると計算された。

20mLの食酢Cに水を加えて100mLとし溶液Dとした。溶液Dに適当な指示薬を入れ，溶液Dの10.0mLを水酸化ナトリウム水溶液Bで滴定したところ，12.5mLを要した。

問1　シュウ酸標準液Aのシュウ酸の濃度は何mol/Lか。最も近い値を①～⑤のうちから一つ選べ。

①　0.030　　②　0.040　　③　0.050　　④　0.060　　⑤　0.070

問2　下線部で使用されたシュウ酸標準液Aの体積は何mLか。最も近い値を①～⑤のうちから一つ選べ。

①　8.0　　②　9.0　　③　10　　④　11　　⑤　12

問3　食酢Cの酢酸の質量パーセント濃度（%）として最も近い値を①～⑤のうちから一つ選べ。ただし，食酢Cの酸はすべて酢酸であるとし，食酢の密度は1.0g/cm^3とする。

①　3.0　　②　3.5　　③　4.0　　④　4.5　　⑤　5.0

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

4　次の記述のうち，その内容が正しいものはどれか。

a. 塩化アンモニウムは正塩であり，その水溶液は塩基性を示す。

b. 酢酸ナトリウムは正塩であり，その水溶液は塩基性を示す。

c. 硝酸カリウムは酸性塩であり，その水溶液は中性を示す。

d. 炭酸水素ナトリウムは酸性塩であり，その水溶液は酸性を示す。

e. 硫酸銅は塩基性塩であり，その水溶液は塩基性を示す。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第16講　確認テスト

1　ブレンステッド・ローリーの定義で，酸と塩基の両方の働きを持たないのはどれか。

ア　HS^{-}　　イ　H_2O　　ウ　CO_3^{2-}　　エ　HPO_4^{2-}　　オ　HSO_3^{-}

2　0.20mol/Lの希硫酸20mLと0.20mol/Lの希塩酸20mLとの混合溶液を過不足なく中和するには，0.50mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液が［　　］mL必要である。

［　　］に対する解答群　①　16　　②　24　　③　32　　④　40　　⑤　48

3　濃度を0.1mol/Lに調整した1価の酸の水溶液がpH＝4であった。この酸の電離度にもっとも近い値はどれか。

a. 1　　b. 10^{-1}　　c. 10^{-2}　　d. 10^{-3}　　e. 10^{-4}

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

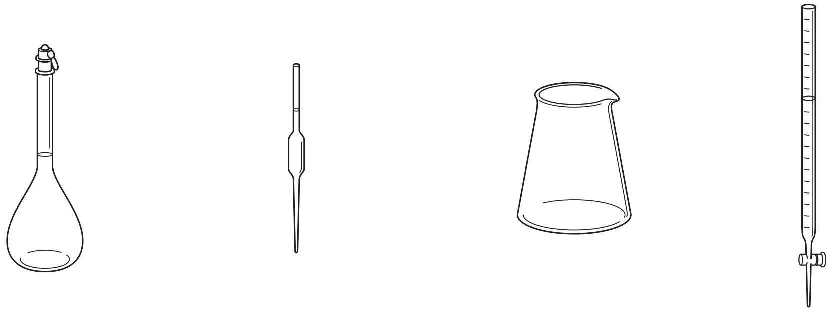
第17講　酸・塩基②

3　中和滴定

中和反応を利用すると，濃度のわからない酸(塩基)の濃度を求めることができる。また，分子量測定にも利用できるため，大事な実験の一つである。

(1) 器具

メスフラスコ	ホールピペット	コニカルビーカー	ビュレット
(溶液を調製)	(正確な体積を測りとる)		(溶液を滴下)

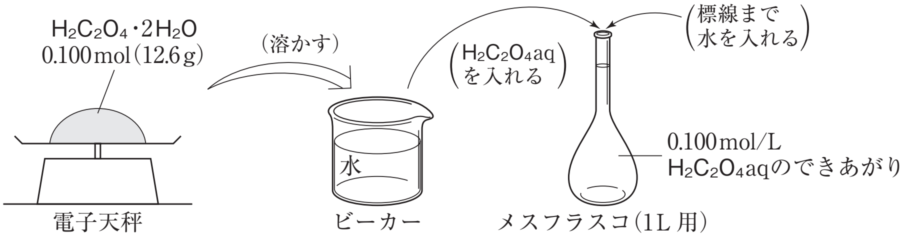


使用法	水で濡れたまま	共洗い	水で濡れたまま	共洗い

(2) 標準溶液の調製

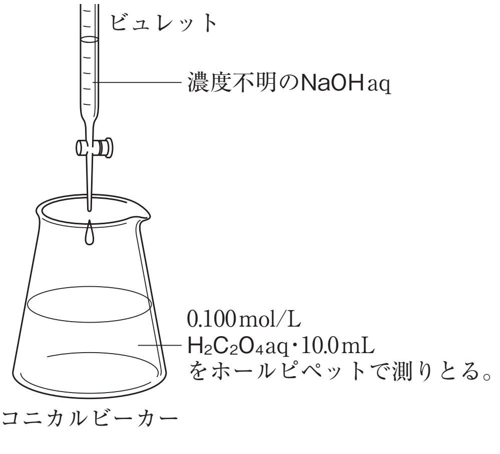
濃度が正確にわかっている溶液を標準溶液という。代表的なものにシュウ酸水溶液がある。

例：0.100 mol/L シュウ酸水溶液 1 L の調製



(3) 中和滴定

例：0.100 mol/L シュウ酸水溶液と濃度がわからない水酸化ナトリウム水溶液の中和滴定



©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(4)　中和点の判断

中和点ではpHが激変する。それを利用して中和点を判断することができる。

①指示薬

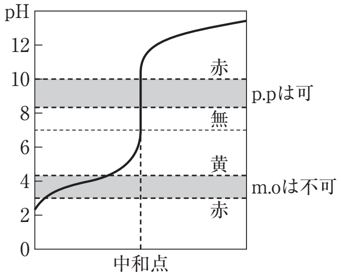
指示薬は特定のpH域で分子構造が変化し，色が変化する物質である。中和点のpHに合わせて適切な指示薬を選ぶ必要がある。

例：

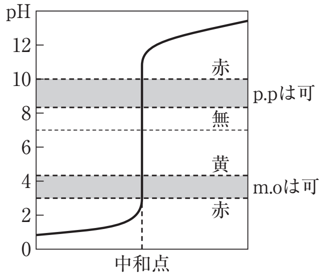
		変色域(pH)	
メチルオレンジ(m.o)	赤	3.1～4.4	黄
フェノールフタレイン(p.p)	無	8.3～10.0	赤

②滴定曲線

例：弱酸を強塩基で滴定　　　　強酸を強塩基で滴定



滴下した強塩基の体積



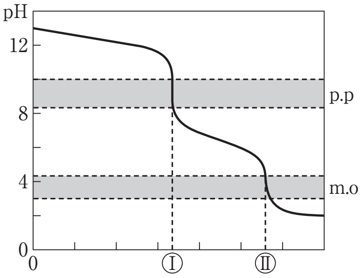
滴下した強塩基の体積

(5)　二段滴定

水酸化ナトリウムは空気中の二酸化炭素と中和反応を起こし，一部が炭酸ナトリウムに変化してしまう。この混合物中の水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムのそれぞれの量を求めるために利用されるのが二段滴定である。

Ⅰ (p.p で検出)
- $NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$
- $Na_2CO_3 + HCl \longrightarrow NaHCO_3 + NaCl$

Ⅱ (m.o で検出)
- $NaHCO_3 + HCl \longrightarrow H_2O + CO_2 + NaCl$



塩酸の滴下量(mL)

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

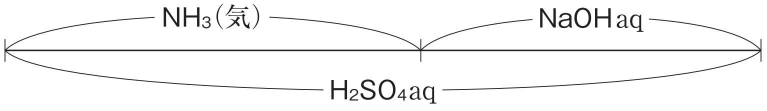
(6) 逆滴定

酸や塩基が気体の場合，通常の中和滴定の操作を行うことができない。そのときに行われるのが逆滴定である。

例：アンモニアNH_3の定量

NH_3を過剰の硫酸に通じて完全に吸収させた後，残った硫酸を水酸化ナトリウム水溶液で滴定する。

逆滴定を行っても，中和点では酸のH^+と塩基のOH^-が一致しているため，中和の公式をそのまま利用して計算するとよい。



（m.o指示薬）

$$(NH_3\text{のmol})\times(\text{価数})+(NaOH\text{のmol})\times(\text{価数})$$
$$=(H_2SO_4\text{のmol})\times(\text{価数})$$

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第17講　演習問題

1　以下の文章を読み問いに答えよ。

濃度約0.2mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液がある。この水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度を，シュウ酸水溶液で滴定することにより求めた。行った実験は，以下のとおりである。

実験1　0.100mol/Lシュウ酸水溶液の調製

シュウ酸二水和物($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$)を天秤で量り取り，ビーカー中で純水を加えて溶解した。溶解したシュウ酸水溶液を (A) に移し入れた。このとき，ビーカーに付着している水溶液も純水で洗いながら移し入れた。純水を (A) の標線まで加え500mLとし，よく振り混ぜて均一にした。

実験2　水酸化ナトリウム水溶液の滴定

(B) を用いて0.100mol/Lシュウ酸水溶液25.0mLを正確に取り，コニカルビーカーに入れた。指示薬(フェノールフタレイン)を加え， (C) を用いて水酸化ナトリウム水溶液を滴下したところ，中和点までに24.5mLを要した。

問1　正確に0.100mol/Lシュウ酸水溶液500mLを調製するためには，シュウ酸二水和物を何g量り取ればよいか求めよ。

問2　 (A) から (C) には使用するガラス器具名が入る。選択肢の中から，最も適当な器具名を選べ。

（選択肢）　ビーカー，　三角フラスコ，ホールピペット，駒込ピペット，
ビュレット，メスシリンダー，メスフラスコ

問3　中和滴定により求められる水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度を有効数字3桁で求めよ。

問4　0.200mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液は，質量パーセント濃度に換算するといくらになるか求めよ。なお，0.200mol/L水酸化ナトリウム水溶液の密度は$1.01 g/cm^3$として計算せよ。

2　塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混合，加熱して，アンモニアを発生させた。この発生したアンモニアを0.500mol/Lの硫酸水溶液100mLに完全に吸収させ，0.500mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で滴定した。ただし，発生する気体はアンモニアのみであるとする。

問1　滴定において中和に要した水酸化ナトリウム水溶液の体積は100mLであった。発生したアンモニアの体積は標準状態(0℃，1.013×10^5Pa)で何Lかを求め，有効数字3桁で記せ。

問2　この実験における指示薬として最も適切なものを以下の中から選び，その記号を記せ。

a. メチルオレンジ　　b. ブロモチモールブルー　　c. フェノールフタレイン

3　水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合物を水に溶かして1.00×10^3mLとした。この水溶液を20.0mLとり，フェノールフタレインを指示薬として0.100mol/Lの塩酸で滴定したところ，10.0mL滴下した時点で水溶液の色は赤色から無色へ変化した。ついで，この水溶液にメチルオレンジを加え，同様に0.100mol/Lの塩酸を用いて滴定を続けたところ，5.00mL滴下した時点で水溶液の色は黄色から赤色へ変化した。

以上の実験結果から，水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合物中に含まれる水酸化ナトリウムの質量は［　1　］mg，炭酸ナトリウムの質量は［　2　］mgとなる。

解答群　①　1.00　②　2.10　③　2.65　④　20.0　⑤　42.0
　　　　⑥　53.0　⑦　1.00×10^3　⑧　2.10×10^3　⑨　2.65×10^3

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第17講　確認テスト

1　中和滴定に関する次の文を読み，下記の問いに答えよ。

濃度のわからない酢酸水溶液10.0mLを[A]を用いて正確にはかりとり，[B]にうつした。次に，[C]に入れた0.0800mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を用いて中和滴定した。

この濃度未知の酢酸水溶液10.0mLを完全に中和するのに，0.0800mol/L水酸化ナトリウム水溶液は12.5mL要した。

(1)　上の文中の[A]～[C]は実験器具である。それぞれ何か。最も適当なものを(ア)～(カ)のうちから一つずつ選べ。　器具A ①　　器具B ②　　器具C ③

(ア)　コニカルビーカー　　(イ)　メスシリンダー　　(ウ)　メスフラスコ

(エ)　ホールピペット　　(オ)　ビュレット　　(カ)　枝付きフラスコ

(2)　この実験で使用した3種の器具のうち，内壁が純水でぬれていても，酢酸水溶液の濃度の測定値に影響しないものはどれか。(ア)～(ウ)のうちから一つ選べ。

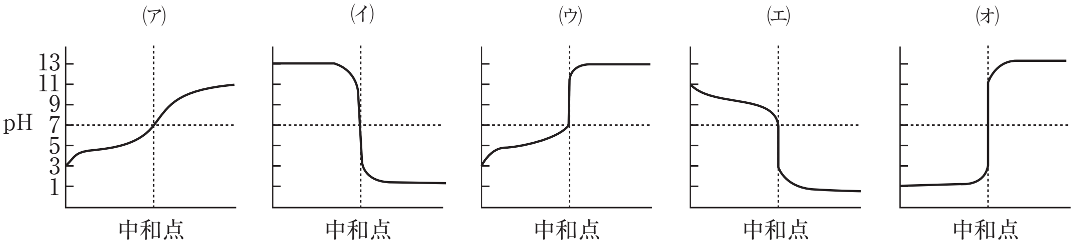
(ア)　器具A　　(イ)　器具B　　(ウ)　器具C

(3)　この中和反応に適する指示薬は次のどれか。(ア)～(エ)のうちから一つ選べ。ただし，(　　)内の値は各指示薬の変色域である。

(ア)　メチルオレンジ(pH3.1～4.4)　　(イ)　メチルレッド(pH4.4～6.2)

(ウ)　ブロモチモールブルー(pH6.0～7.6)　　(エ)　フェノールフタレイン(pH8.0～9.8)

(4)　この滴定における滴定曲線は，どのようになるか。最も適当な図を(ア)～(オ)のうちから一つ選べ。



(5)　濃度未知の酢酸水溶液のモル濃度は何mol/Lか。最も適当な数値を(ア)～(オ)のうちから一つ選べ。

(ア)　1.0×10^{0}　　(イ)　1.0×10^{-1}　　(ウ)　1.0×10^{-2}　　(エ)　1.0×10^{-3}　　(オ)　1.0×10^{-4}

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第18講　酸・塩基平衡

4　弱酸(弱塩基)を使用する中和と平衡

弱酸(弱塩基)は電離が可逆であるため，平衡を考えていくことになる。弱酸(弱塩基)を使用する中和では，中和滴定前，中和点前，中和点の3種の平衡に注目する。それぞれの点で，どのような平衡が成立するのか，どのような公式が成立するのか，しっかりみていこう。

(1)　弱酸(弱塩基)の電離平衡

弱酸HXについて考える。

$$HX + H_2O \rightleftarrows H^+ + X^-$$

この可逆反応の平衡定数は

$$K = \frac{[H^+][X^-]}{[HX][H_2O]}$$

となり，$[H_2O]$は一定とみなせるため，

$$K[H_2O] = K_a = \frac{[H^+][X^-]}{[HX]}$$

と表すことができる。これを弱酸の電離定数という。

この弱酸の電離度をαとおくと，電離定数のK_aは，

$$K_a = \frac{[H^+][X^-]}{[HX]} = \frac{C\alpha \cdot C\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha}$$

	HX	$\rightleftarrows$	H^+	+	X^-	(mol/L)
㊥前	C		0		0	
量	$-C\alpha$		$+C\alpha$		$+C\alpha$	
後	$C(1-\alpha)$		$C\alpha$		$C\alpha$	

となる。

αが1に比べて極めて小さいとき，$1-\alpha \fallingdotseq 1$とみなせるため，

$$K_a = C\alpha^2$$

となる。

これにより，

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}} \qquad [H^+] = \sqrt{CK_a}$$

が成立する。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(2) 緩衝溶液

弱酸HAに強塩基NaOHを滴下していく中和滴定で考える。

中和点前のコニカルビーカーの中は，未反応の弱酸HAと中和反応して生成した塩NaAの混合溶液である。

このような，弱酸とその塩の混合溶液または弱塩基とその塩の混合溶液は緩衝溶液とよばれる。それは，少量の酸や塩基を加えてもpHがほぼ一定に保たれる性質(緩衝作用)をもつからである。

C_a mol/Lの弱酸HAとC_S mol/Lの塩NaAの混合溶液を考える。

塩は水中で完全電離しているため，混合溶液中にはA^-イオンが多数存在しており，弱酸の電離が抑制された状態になっている。

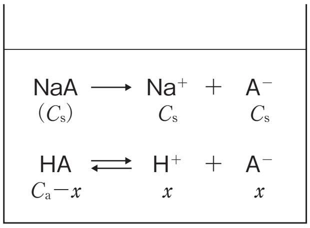
よって$[HA] \fallingdotseq C_a$，$[A^-] \fallingdotseq C_S$の近似が成立し，
弱酸の電離定数K_aは

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \fallingdotseq \frac{[H^+]C_S}{C_a}$$

となるため，水素イオンの濃度は

$$[H^+] = K_a \cdot \frac{C_a}{C_S}$$

となる。



(単位：mol/L)

緩衝溶液に少量の酸や塩基を加えても，pHがほぼ一定に保たれるのは，

H^+を加えると

$$A^- + H^+ \longrightarrow HA$$

OH^-を加えると

$$HA + OH^- \longrightarrow H_2O + A^-$$

が起こり，溶液中のH^+やOH^-の濃度はほとんど変化しないためである。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(3) 塩の加水分解平衡

弱酸HAに強塩基NaOHを滴下していく中和滴定で考える。

中和点では，弱酸は全て反応して塩NaAに変化している。よって中和点ではNaA水溶液になっている。

水中で，弱酸由来の塩は以下のような加水分解を起こしている。

$$\mathrm{A^-} + \mathrm{H_2O} \rightleftarrows \mathrm{HA} + \mathrm{OH^-}$$

このとき，平衡定数Kは

$$K=\frac{[\mathrm{HA}][\mathrm{OH^-}]}{[\mathrm{A^-}][\mathrm{H_2O}]}$$

となる。水の濃度は一定とみなすことができるため，

$$K[\mathrm{H_2O}] = \underset{\text{加水分解定数}}{K_\mathrm{h}} = \frac{[\mathrm{HA}][\mathrm{OH^-}]}{[\mathrm{A^-}]}$$

加水分解度をhとおくと

	$\mathrm{A^-}$	+ $\mathrm{H_2O}$	$\rightleftarrows$ HA	+ $\mathrm{OH^-}$ (mol/L)
㊞前	C	—	0	0
量	$-Ch$	—	$+Ch$	$+Ch$
後	$C(1-h)$	—	Ch	Ch

$$K_\mathrm{h}=\frac{Ch\cdot Ch}{C(1-h)}$$

$$=\frac{Ch^2}{1-h}$$

$$\fallingdotseq Ch^2$$

となる。（通常hは1に比べて極めて小さいため，近似してよい）

また，

$$K_\mathrm{h}=\frac{[\mathrm{HA}][\mathrm{OH^-}]}{[\mathrm{A^-}]}\times\frac{[\mathrm{H^+}]}{[\mathrm{H^+}]}$$

$$=\frac{K_\mathrm{w}}{K_\mathrm{a}}$$

となるため，

$$[\mathrm{OH^-}]=\sqrt{\frac{CK_\mathrm{w}}{K_\mathrm{a}}}$$

となる。

☆　酸や塩基の平衡は入試で大きな差になる一つである。公式をすらすら使えるように練習しておこう。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第18講　演習問題

1　次の問に答えよ。なお，温度は25℃で一定とする。また，水のイオン積は，

$K_w = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} (mol/L)^2$

である。

酢酸とその塩の電離に関する設問(a)〜(d)に答えよ。必要であれば，$\log_{10}2 = 0.30$，$\log_{10}2.7 = 0.43$を用いること。

(a)　酢酸CH_3COOHは1価の弱酸であり，水に溶かすと，次のように電離する。

$CH_3COOH \rightleftarrows H^+ + CH_3COO^-$

この反応の電離定数K_aは，式①

$$K_a = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} \qquad ①$$

で表され，$K_a = 2.7 \times 10^{-5}$mol/Lである。このとき，濃度が0.27mol/Lの酢酸水溶液のpHを，酢酸の水溶液中での電離度が1よりも十分小さいものと近似して求めよ。

(b)　酢酸ナトリウムCH_3COONaを水に溶かすと，ほぼ完全に電離して酢酸イオンCH_3COO^-を生じる。

この酢酸イオンの一部は次のように水と反応する。

$CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$

すなわち，酢酸イオンは弱塩基として働く。この加水分解反応の加水分解定数K_hは式②

$$K_h = \frac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]} \qquad ②$$

で表される。K_hの値を有効数字2桁で求めよ。

(c)　濃度が0.27mol/Lの酢酸水溶液20mLに，同じ濃度の水酸化ナトリウム水溶液を20mL加えたときの水溶液のpHを求めよ。なお，加水分解する酢酸イオンの割合は，1よりも十分に小さいものと近似して求めよ。

(d)　濃度が0.27mol/Lの酢酸水溶液30mLに，同じ濃度の水酸化ナトリウム水溶液を10mL加えたときの水溶液のpHを求めよ。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　問1　ある温度において，アンモニアの電離定数K_bは2.0×10^{-5}mol/Lである。0.20mol/Lのアンモニア水溶液におけるアンモニアの電離度はいくらか。有効数字2桁で答えよ。

また，水のイオン積を1.0×10^{-14}(mol/L)^{2}とすると，この水溶液のpHはいくらか。小数点以下第1位まで求めよ。必要ならば，log2＝0.3を用いよ。

問2　問1のアンモニア水溶液20mLと0.40mol/Lの塩化アンモニウム水溶液5.0mLを混合したとき，この水溶液のpHはいくらか。小数点以下第1位まで求めよ。なお，水のイオン積は1.0×10^{-14}とし，必要ならば，log2＝0.3を用いよ。

ⓒRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第18講　確認テスト

1　0.070mol/Lの酢酸水溶液のpHはいくらか。次の①～⑧のうちから最も近いものを1つ選べ。ただし，酢酸の電離定数はK_a＝2.8×10^{-5}〔mol/L〕，$\log_{10}14$＝1.15とする。

①　1.4　　②　1.9　　③　2.4　　④　2.9

⑤　3.4　　⑥　3.9　　⑦　4.4　　⑧　4.9

2

問1　0.10molの酢酸と0.10molの酢酸ナトリウムを溶解した1.0Lの混合水溶液のpHとして適切な値をa～fの中から一つ選べ。ただし，酢酸のK_aは2.0×10^{-5}〔mol/L〕，$\log_{10}2$＝0.30とする。

a.　3.3　　b.　3.7　　c.　4.3　　d.　4.7　　e.　5.3　　f.　5.7

問2　問1と同様の作用を示す物質の組み合わせをa～eの中から一つ選べ。

a.　塩酸と塩化ナトリウム

b.　硝酸と硝酸ナトリウム

b.　水酸化カリウムと塩化カリウム

d.　アンモニアと塩化アンモニウム

e.　水酸化ナトリウムと塩化ナトリウム

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第８章　　酸化還元・電気化学

第19講　酸化還元①

1　酸化還元

酸化還元は電子が移動する反応だが，移動する電子は化学反応式上では見えない。そこが酸化還元反応の難しい点である。よって電子の移動を捉えるために，酸化数や半反応式を用いたり，代表的な酸化剤還元剤を知っておく必要がある。必要な知識をきちんと頭に入れて，問題演習に取り組まなくてはならない。

(1)　定義

	電子	酸素原子	水素原子	酸化数
酸化	失う	得る	失う	増加
還元	得る	失う	得る	減少

(2)　酸化数

実質的な電荷である。求め方は，電子式を書き，電気陰性度の大きい元素の方へ電子を帰属させていく。

例	H : H	H : Cl	Na : H
	($\chi_H = \chi_H$)	($\chi_H < \chi_{Cl}$)	($\chi_{Na} < \chi_H$)
酸化数	0　　0	+1　　−1	+1　　−1

判断法（有機化合物などには使えないので注意）

- ・単体は 0
- ・化合物は酸化数の総和が 0
- ・イオンは酸化数の総和が価数と一致
- ・水素原子→＋1（金属の水素化合物の場合：水素原子は－1）
- ・酸素原子→－2（過酸化物の場合：酸素原子は－1）
- ・アルカリ金属→＋1，２族→＋2，ハロゲン→－1

(3)　酸化剤・還元剤

e^-

Ⓡ → Ⓞ

Ⓡ	Ⓞ
e^-を失う	e^-を得る
⇩	⇩
酸化される	還元される
⇩	⇩
相手を還元する	相手を酸化する

酸化剤Ⓞ：相手を酸化する物質（自身は還元される）
還元剤Ⓡ：相手を還元する物質（自身は酸化される）

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

※代表的な酸化剤

過マンガン酸カリウム（酸性下）	MnO_4^-（赤紫色）	⟶	Mn^{2+}（無色）
過マンガン酸カリウム（塩基性下）	MnO_4^-	⟶	MnO_2
二クロム酸カリウム	$Cr_2O_7^{2-}$（橙色）	⟶	Cr^{3+}（緑色）
濃硝酸	HNO_3	⟶	NO_2
希硝酸	HNO_3	⟶	NO
熱濃硫酸	H_2SO_4	⟶	SO_2
ハロゲン単体	X_2	⟶	X^-
過酸化水素	H_2O_2	⟶	H_2O
二酸化硫黄	SO_2	⟶	S
オゾン	O_3	⟶	O_2

※代表的な還元剤

金属の単体（M）	M	⟶	M^{n+}
硫化水素	H_2S	⟶	S
シュウ酸	$H_2C_2O_4$	⟶	CO_2
二酸化硫黄	SO_2	⟶	SO_4^{2-}
過酸化水素	H_2O_2	⟶	O_2
ハロゲン化物イオン（X^-）	X^-	⟶	X_2
塩化スズ（Ⅱ）	Sn^{2+}	⟶	Sn^{4+}
硫酸鉄（Ⅱ）	Fe^{2+}	⟶	Fe^{3+}
水素	H_2	⟶	H^+
チオ硫酸ナトリウム	$S_2O_3^{2-}$	⟶	$S_4O_6^{2-}$

※酸化剤にも還元剤にもなるもの

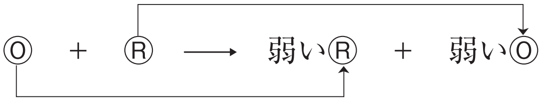
過酸化水素，二酸化硫黄

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

⑷　酸化還元反応

　酸化剤と還元剤の反応が酸化還元反応であり，酸化と還元は必ず同時に起こる。
酸化剤は電子を得るため，反応後は弱い還元剤になり，還元剤は電子を失うため，反応後は弱い酸化剤になる。



a　判断

　酸化還元反応は，化学反応式を見ても電子の授受はわからないため，判断しにくい。電子の授受を捉えるには，酸化数を調べるとよいが，それでは時間がかかってしまう。
そこで

　・反応式の中に単体がある

　・知っている酸化剤・還元剤の組み合わせである

この２点に注目して探すとよい。
よって，⑶の代表的な酸化剤・還元剤はしっかり頭にいれ，酸化還元以外の反応もきちんと判断できるようになっておこう。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

b　酸化還元反応式

酸化還元反応式は，一度に全てを書くのは難しい。よって，酸化剤の式，還元剤の式(半反応式)を別々に書いて一つにまとめていく。半反応式をみると電子が確認できるという利点もある。

作り方

①酸化剤，還元剤が何に変わるかを書く

Ⓞ $MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$

Ⓡ $H_2C_2O_4 \longrightarrow 2CO_2$

②酸素原子の数を水でそろえる

Ⓞ $MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

Ⓡ $H_2C_2O_4 \longrightarrow 2CO_2$

③水素原子の数を水素イオンでそろえる

Ⓞ $MnO_4^- + 8H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

Ⓡ $H_2C_2O_4 \longrightarrow 2CO_2 + 2H^+$

④電荷を電子でそろえる

Ⓞ $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

Ⓡ $H_2C_2O_4 \longrightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$

⑤電子の係数をそろえて2式をたす

$2MnO_4^- + 5H_2C_2O_4 + 6H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10CO_2$

⑥省略イオンを追加する

$2KMnO_4 + 5H_2C_2O_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow 2MnSO_4 + 8H_2O + 10CO_2 + K_2SO_4$

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第19講　演習問題

1　下線の付いた原子の酸化数が等しいのはどれか。

A　$\underline{Cl}_2$　　B　$N\underline{H}_4^{+}$　　C　$H_2\underline{O}_2$　　D　$Na\underline{H}$　　E　$Cu\underline{O}$

ア　AとE　　イ　BとA　　ウ　CとD　　エ　DとB　　オ　CとE

2　次の化学反応式①～⑤のうち，下線の付いた物質が還元剤としてはたらくものを一つ選べ。

① $3Cu + 8\underline{HNO_3} \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

② $2\underline{KMnO_4} + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$

③ $CH_4 + 2\underline{O_2} \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$

④ $Cl_2 + \underline{SO_2} + 2H_2O \longrightarrow H_2SO_4 + 2HCl$

⑤ $H_2S + \underline{Cl_2} \longrightarrow S + 2HCl$

3　次の化学反応式①～⑤のうち，酸化還元反応ではないものを全て選べ。

① $MnO_2 + 4HCl \longrightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$

② $CuSO_4 + H_2S \longrightarrow CuS + H_2SO_4$

③ $Cu + 2H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$

④ $2KI + H_2O_2 \longrightarrow I_2 + 2KOH$

⑤ $2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O$

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

4　次の文章を読んで，以下の各問に答えなさい。原子量はH＝1，O＝16，I＝127とする。

過酸化水素は反応性が高いため様々な反応を引き起こす。

例えば，過酸化水素水に少量の酸化マンガン(Ⅳ)MnO_2を加えると酸素が発生する。このとき，酸化マンガン(Ⅳ)は反応の前後で変化しないが，反応が起こるために必要な［ 1 ］エネルギーを小さくする働きがある。このような物質を一般に［ 2 ］という。

同様に，(a)過酸化水素水に硫酸で酸性にした過マンガン酸カリウム水溶液を加えても酸素が発生する。このとき，過マンガン酸イオンは［ 3 ］されるため，過酸化水素は［ 3 ］剤として働くことになる。

また，(b)過酸化水素水に硫酸で酸性にしたヨウ化カリウム水溶液を加えるとヨウ素が析出する。このとき，過酸化水素は［ 4 ］剤として働いている。

問1　上の文章中の［ 1 ］～［ 4 ］に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2　下線部(a)，(b)の反応について，化学反応式を書きなさい。

問3　下線部(a)，(b)の反応について，それぞれ質量パーセント濃度3.4％の過酸化水素水20.0g中の過酸化水素を過不足なく反応させた場合，以下の問いに答えなさい。また，有効数字は2桁とし，3桁目を四捨五入して答えなさい。

(1)　下線部(a)の反応について，発生する酸素の27℃，1.01×10^5Paにおける体積は何Lか答えなさい。

(2)　下線部(b)の反応について，析出するヨウ素の質量は何gか答えなさい。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第19講　確認テスト

1　次の反応Ａ～Ｆについて，問いに答えよ。

Ａ：硫酸で酸性にした過酸化水素水にヨウ化カリウム水溶液を加えた。

Ｂ：硫酸で酸性にした二クロム酸カリウム水溶液に過酸化水素水を加えた。

Ｃ：二酸化硫黄の水溶液に硫化水素水溶液を加えた。

Ｄ：過酸化水素水に二酸化硫黄を吹き込んだ。

Ｅ：硫酸で酸性にした過マンガン酸カリウム水溶液に二酸化硫黄の水溶液を加えた。

Ｆ：過酸化水素水に硫酸で酸性にした過マンガン酸カリウム水溶液を加えた。

問１　反応Ｂにおいて，クロム原子の酸化数は反応の前後でどのように変化するか。最も適当な数値を，次の①～⑧のうちから選べ。

①　＋1　　②　＋2　　③　＋3　　④　＋4

⑤　＋5　　⑥　＋6　　⑦　＋7　　⑧　＋8

問２　反応Ｃにおける二酸化硫黄の変化を，電子を含むイオン反応式で表すと，その左辺は次のようになる。

$$SO_2 + aH^+ + be^- \longrightarrow$$

係数aとbの和として最も適当な数値を，次の①～⑧のうちから選べ。

①　1　　②　2　　③　3　　④　4　　⑤　5　　⑥　6　　⑦　7　　⑧　8

問３　反応Ａ～Ｆで，下線部が酸化剤として作用している反応を，次の①～⑥のうちからすべて選べ。

①　Ａ　　②　Ｂ　　③　Ｃ　　④　Ｄ　　⑤　Ｅ　　⑥　Ｆ

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第20講　酸化還元②

1　酸化還元

⑷　酸化還元反応

c　当量点での量的関係

当量点では酸化剤が得た電子の物質量と還元剤が失った電子の物質量が一致する。

　　酸化剤が得た電子の物質量＝還元剤の失った電子の物質量

これは

　　酸化剤の物質量×価数＝還元剤の物質量×価数

と表すことができる。

＊酸化剤（還元剤）の価数とは，酸化剤（還元剤）1 mol が得る（失う）電子の物質量のことである。

半反応式から判断するとよい。

☆酸化還元反応を利用したのが，電池電気分解である。電気化学に入る前にしっかり復習しておこう。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第20講　演習問題

1　次の文章を読み，問(1)～問(4)に答えよ。原子量　H：1.00　C：12.0　O：16.0

医療用のオキシドールに含まれる過酸化水素水の濃度を次の操作で求めた。

〔操作Ⅰ〕

まず，過マンガン酸カリウム水溶液の正確な濃度を次の操作で求めた。純粋なシュウ酸二水和物の結晶($H_2C_2O_4·2H_2O$)6.30gを純水に溶解し，メスフラスコを用いて1Lの水溶液を調製した。このシュウ酸水溶液10.0mLを正確にホールピペットでコニカルビーカーにとり，純水を約20 mL加え，①さらに希硫酸を加えて酸性とした。この混合溶液を約70℃に加温した後，過マンガン酸カリウム水溶液を，ビュレットを用いて少しずつ滴下し，その都度よく振り混ぜた。10.00mL加えたところで，②滴定は終点に達した。

〔操作Ⅱ〕

続いて〔操作Ⅰ〕で濃度が決定された過マンガン酸カリウム水溶液を用いて，オキシドールに含まれる過酸化水素水の濃度を求めるために，次の実験を行った。

100mLのメスフラスコにオキシドール10.0mLを正確にホールピペットでとり，純水を加えて100mLとした。この溶液10.0mLを正確にホールピペットでとり，コニカルビーカーに入れて，希硫酸を適量加えた。この溶液に過マンガン酸カリウム水溶液を，ビュレットを用いて少しずつ滴下し，その都度よく振り混ぜた。20.00mL加えたところで，滴定は終点に達した。

(1)　下線部①において硫酸のかわりに塩酸を用いることはできない。この理由を答えよ。

(2)　下線部②における滴定の終点は，どのような変化で判断できるか。簡潔に説明せよ。

(3)　過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度を求めよ。

(4)　オキシドールに含まれる過酸化水素水のモル濃度を有効数字3桁で求めよ。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　下記の滴定に関する記述を読んで，問いに答えよ。

濃度未知の過酸化水素水10.0mLを(　ア　)を用いて正確にとり，三角フラスコに入れた。そこに，(a)ヨウ化カリウムの硫酸酸性水溶液を過剰量加えて栓をし，しばらく放置するとヨウ素が生成した。次に，この溶液の滴定を，あらかじめ(　イ　)に入れておいた0.10mol/Lのチオ硫酸ナトリウム水溶液を用いて開始した。溶液の色がうすくなったところで, 指示薬として(　ウ　)を数滴加えると(　エ　)色になった。さらに滴定を続けると，滴定の終点までに要した0.10mol/Lのチオ硫酸ナトリウム水溶液は，全量で16.0mLであった。この反応において，チオ硫酸イオンは次のように変化する。

$$2S_2O_3^{2-} \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2e^-$$

問1　(　ア　)〜(　エ　)に入れるべき最も適切な器具，試薬および色を下記のうちから選び，数字で答えよ。

(　ア　)および(　イ　)の選択肢

(1)　こまごめピペット　(2)　ビュレット　(3)　ホールピペット
(4)　メスシリンダー　(5)　メスフラスコ　(6)　メートルグラス

(　ウ　)の選択肢

(7)　過マンガン酸カリウム水溶液　(8)　シュウ酸水溶液
(9)　デンプン水溶液　(10)　フェーリング液　(11)　メチルオレンジ溶液

(　エ　)の選択肢

(12)　無　(13)　黄　(14)　橙黄　(15)　青紫　(16)　黒

問2　下線部(a)で栓をする理由について20字以内で説明せよ。

問3　過酸化水素水のモル濃度〔mol/L〕はいくらか。有効数字2桁で答えよ。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

3　次の記述を読んで，問いに答えよ。

化学的酸素要求量(COD，chemical oxygen demand)は，水中の有機物を酸化分解するのに必要とされる酸素の量である。CODの測定法の1つは，次のとおりである。

まず試料水中に含まれる有機物を，過剰の過マンガン酸カリウムの硫酸酸性水溶液を加えて酸化する。次に，加えた過マンガン酸カリウムと過不足なく反応するシュウ酸ナトリウムを加える。未反応のシュウ酸ナトリウムをさらに過マンガン酸カリウム水溶液で滴定することにより，有機物の酸化に要した過マンガン酸カリウムの量が求められる。

この過程における過マンガン酸イオンおよびシュウ酸イオンの反応をe^-を含むイオン反応式で書くと，

過マンガン酸イオンの反応：[　ア　]　(1)　　シュウ酸イオンの反応：[　イ　]　(2)

となる。したがって，式(1)および(2)より，過マンガン酸カリウムとシュウ酸ナトリウムの反応は，式(3)のように表すことができる。

$$2KMnO_4 + 5Na_2C_2O_4 + 8H_2SO_4 \longrightarrow 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 5Na_2SO_4 + 10CO_2 + 8H_2O \quad (3)$$

一方，酸素分子の反応はe^-を含むイオン反応式で書くと，

$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O \quad (4)$$

となる。式(1)と(4)との比較から，試料水中の有機物の酸化に要した過マンガン酸カリウムの物質量を酸素の物質量に換算し，COD〔mg/L〕(試料水1L中に含まれる有機物を酸化するのに必要な酸素の質量〔mg〕)を算出する。試料水AのCODを求めるため，次の1～4の操作を行った。ただし，試料水Aには還元性を示す無機化合物は存在しないものとする。

1. コニカルビーカーに試料水Aを正確に50mLとり，6.0mol/Lの硫酸水溶液を5.0mL加えた。
2. 2.0×10^{-3}mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液10mLを[ウ]を用いて正確に量りとり，1のコニカルビーカーに加え，30分間沸騰させた。反応後，過マンガン酸カリウムの色は消えていなかった。
3. 2の溶液の温度を60～80℃とし，5.0×10^{-3}mol/Lのシュウ酸ナトリウム水溶液を正確に10mL加えて振り混ぜると，過マンガン酸カリウムの色が消えた。
4. [エ]に入れた2.0×10^{-3}mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液で，3の溶液を滴定したところ，終点(水溶液が淡[オ]色を呈する)までに1.50mLを要した。

問1　文中の[ア]，[イ]には適切なイオン反応式を，[ウ]，[エ]には適切な器具名を，[オ]に適切な色を記入せよ。

問2　試料水AのCOD〔mg/L〕はいくらか。有効数字2桁で答えよ。

問3　次の化合物(a)～(e)のうち，試料水に含まれると過マンガン酸カリウムにより酸化され，CODの測定値に影響を及ぼすものすべてを記号で答えよ。

(a)　硫酸鉄(Ⅱ)　　(b)　硝酸鉄(Ⅲ)　　(c)　過酸化水素　　(d)　硫酸ナトリウム

(e)　ミョウバン(硫酸カリウムアルミニウム十二水和物)

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第20講　確認テスト

1　シュウ酸二水和物 $(COOH)_2 \cdot 2H_2O$（分子量126）0.630gを取り，水に溶かして100mLとした。この水溶液10.0mLをコニカルビーカーに量り取り，ここへ6mol/L希硫酸10mLを加えて70℃に温めた。次に，この溶液に濃度不明の過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットから滴下していったところ，溶液が無色から淡赤色になるまで平均で20.0mLを要した。この過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度を求めよ。

㋐　0.0100　　㋑　0.0125　　㋒　0.0140　　㋓　0.0200　　㋔　0.0250

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第21講　電池①

1　金属のイオン化傾向

金属の単体は還元剤である。それは，電子を捨てて陽イオンになる性質(陽性)をもっているからである。この陽性の強弱を表しているのがイオン化傾向と考えることができる。この性質を利用しているのが電池電気分解であるため，しっかり押さえておこう。

(1)　イオン化傾向

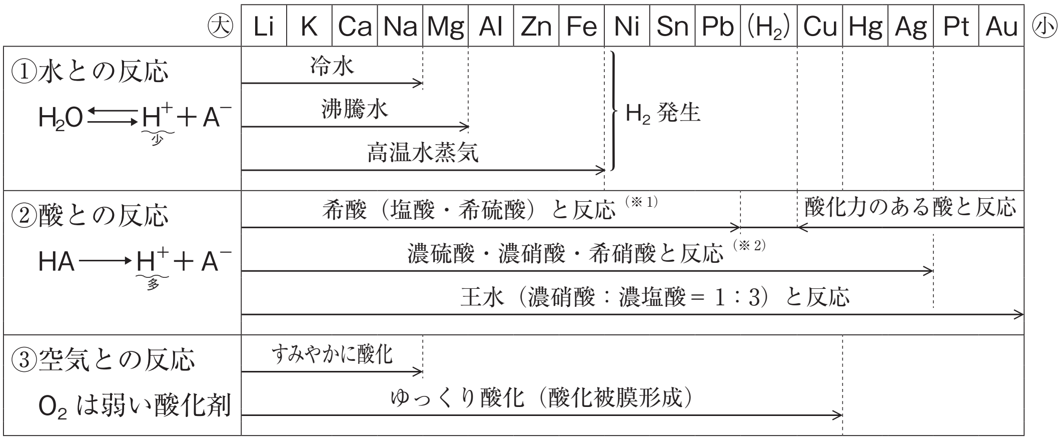
金属の単体が水中で電子を放出し，陽イオンになる性質をイオン化傾向という。
イオン化傾向の異なる金属が存在するとき，イオン化傾向の大きい金属が電子を放出して陽イオンになり，小さい金属がその電子を受け取ることとなる。

例　$Cu^{2+} + Zn \longrightarrow Cu + Zn^{2+}$

（Zn → Cu^{2+} へ $2e^-$）

(2)　イオン化列

イオン化傾向の大きい金属から小さい金属へ順に並べたものを金属のイオン化列という。



①水との反応

水はほとんど電離していないため，水素イオンが非常に少なく，極めて弱い酸化剤である。よって水と反応できるのはイオン化傾向の大きい金属のみである。

例　$2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$

②酸との反応

酸は水素イオンを多くもつため，イオン化傾向が水素よりも大きい金属は塩酸や希硫酸と反応できる。

例　$Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$

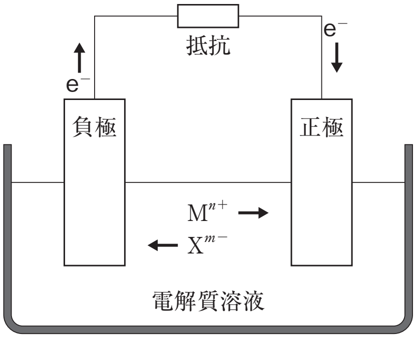
©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　電池

ビーカーの中で酸化還元反応が起こっても電流は流れていない。それは酸化反応と還元反応が同じ場所で起こっているからである。酸化反応と還元反応を別々の場所で起こすことにより電流を取り出すことができる。このように，酸化還元反応による化学エネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置が電池である。

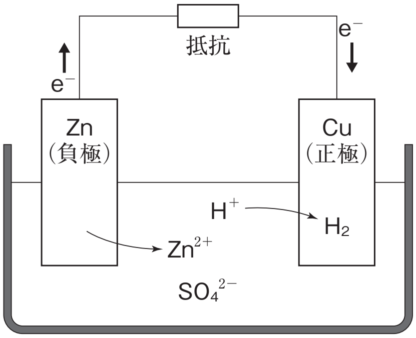
(1)　原理



一般にイオン化傾向の異なる2種類の金属(電極)を導線でつなぎ，電解質溶液に浸すと電池が形成される。イオン化傾向の大きい金属は電子を放出して陽イオンになり，イオン化傾向の小さい金属はその電子を受け取る。このとき，電子を放出した電極を負極とよび，電子を受け取った電極を正極とよぶ。

また，正極と負極の電位差を起電力とよぶ。これは，電流を流そうとする力に相当すると考えるとよい。一般に，両電極のイオン化傾向の差が大きいほど起電力も大きくなる。

(2)　代表的な電池



①ボルタ電池　(−)Zn | H_2SO_4aq | Cu(+)

(−)　$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

(+)　$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$

分極…起電力が減少し，電流が流れにくくなる現象。

分極を防ぐために加える酸化剤を減極剤という。

減極剤を加えると，正極では減極剤が反応し，新しい電池が形成される。

例：$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

②**ダニエル電池**　(－)Zn | $ZnSO_4$aq ‖ $CuSO_4$aq | Cu(＋)

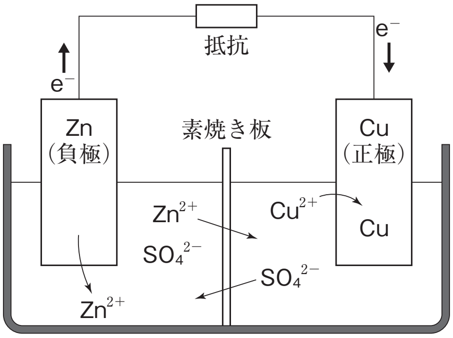
(－)　Zn ⟶ Zn^{2+}＋$2e^-$

(＋)　Cu^{2+}＋$2e^-$ ⟶ Cu

素焼板…溶液の混合を防ぐ役割。

電気的中性を保つようにイオンが移動していく。

負極側から正極側へZn^{2+}，正極側から負極側へ$SO_4{}^{2-}$が移動する。



⑶　**電気化学の計算**

流れた電気量は次のように表す。

電気量(C)＝電流(A)×時間(秒)
クーロン

また，電子1molの電気量が9.65×10^4C/mol(ファラデー定数)であるため，

$$\frac{\text{電気量(C)}}{9.65\times10^4\text{(C/mol)}}=\text{流れた電子の物質量(mol)}$$

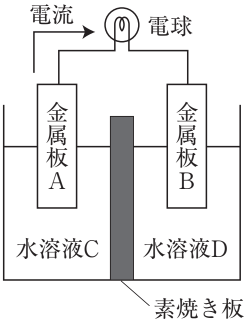
©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第21講　演習問題

1　電池に関する次の文章を読み，以下の問いに答えよ。

素焼き板で仕切られた水槽，8.00gの亜鉛板，8.00gの銅板，1mol/L硫酸亜鉛水溶液500mL，1mol/L硫酸銅(Ⅱ)水溶液500mLを用いて電池をつくった。図のように電球をつないだところ，金属板Aから金属板Bに導線を介して電流が流れた。このとき金属板Aと金属板Bの間で発生する電位差を，電池の［ア］という。また，導線に電子を送り出す極を［イ］極，導線から電子が流れ込む極を［ウ］極といい，このように電池の両極を導線でつないで電流を流すことを，電池の［エ］という。



問1　文章中の［ア］から［エ］にあてはまる適切な語句を書け。

問2　図の金属板A，金属板B，水溶液C，水溶液Dとしてもっとも適切なものは何か，それぞれ書け。

問3　金属板Aと金属板Bの表面で起こる反応を，電子e^-を含むイオン反応式でそれぞれ書け。

問4　図の素焼き板の役割を説明せよ。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　次の文章を読んで，問1～問3に答えよ。原子量：Zn　65.4

式(1)および式(2)で表される電池がある。式(2)の電池では負極と正極で電解液が異なり，両極の電解液の間に素焼き板が存在する。式(1)の電池を放電すると，負極で［ア］が酸化され［イ］が生成し，正極で［ウ］が還元され［エ］が生成する。

$(-)\mathrm{Zn} \mid \mathrm{H_2SO_4aq} \mid \mathrm{Cu}(+)$　(1)　　$(-)\mathrm{Zn} \mid \mathrm{ZnSO_4aq} \parallel \mathrm{CuSO_4aq} \mid \mathrm{Cu}(+)$　(2)

問1　空欄［ア］～［エ］にあてはまる最も適切なものを以下の①～⑩から選び，番号を記せ。

① Cu　② Cu^{2+}　③ Zn　④ Zn^{2+}　⑤ $SO_4{}^{2-}$

⑥ SO_2　⑦ O_2　⑧ OH^-　⑨ H_2　⑩ H^+

問2　式(2)の電池を放電したときの全体の反応をイオン反応式で記せ。

問3　式(2)の電池を5.00Aの一定電流で放電したとき，亜鉛電極の質量が0.163g減少した。放電時間は何分か，有効数字3桁で答えよ。ファラデー定数　9.65×10^4(C/mol)

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第21講　確認テスト

1　亜鉛板を浸した硫酸亜鉛水溶液と，銅板を浸した硫酸銅(Ⅱ)水溶液を素焼き板で仕切り，両金属板を導線で結ぶと電流が流れる。この電池は［①］と呼ばれる。亜鉛板が［②］極，銅板が［③］極となり，起電力は約1.1Vである。

問1　空欄①に当てはまる最も適切な語句を，次の(ア)～(カ)の中から一つ選べ。

(ア)　ボルタ電池　　(イ)　アルカリマンガン乾電池　　(ウ)　鉛蓄電池

(エ)　燃料電池　　(オ)　マンガン乾電池　　(カ)　ダニエル電池

問2　空欄②と③に当てはまる最も適切な語句の組み合わせを，次の(ア)～(エ)の中から一つ選べ。

	②	③
(ア)	陽	陰
(イ)	陰	陽
(ウ)	正	負
(エ)	負	正

問3　空欄①の電池が3860Cの電気量を放電するとき，析出する金属の質量は何gか。最も近い数値を次の(ア)～(カ)の中から一つ選べ。ただし，ファラデー定数は96500C/molとする。原子量：Cu　63.5

(ア)　1.27　　(イ)　1.31　　(ウ)　2.54　　(エ)　2.62　　(オ)　5.08　　(カ)　5.23

問4　ニッケル板を浸した硫酸ニッケル(Ⅱ)水溶液と，銅板を浸した硫酸銅(Ⅱ)水溶液を素焼き板で仕切り，両金属板を導線で結んで作成した電池の起電力は，空欄①の電池の起電力にくらべてどうなるか。最も適切なものを次の(ア)～(ウ)の中から一つ選べ。

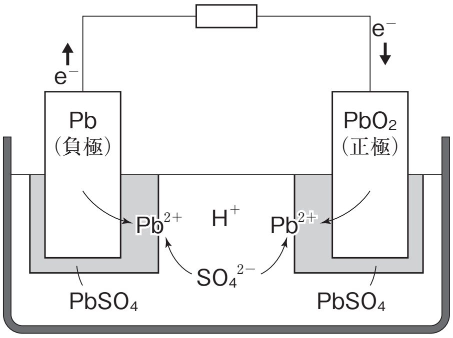
(ア)　大きくなる　　(イ)　小さくなる　　(ウ)　変化しない

第22講　電池②

2　電池

(2) 代表的な電池

③鉛蓄電池　$(-)Pb\,|\,H_2SO_4aq\,|\,PbO_2(+)$



(−)　$Pb + SO_4^{2-} \longrightarrow PbSO_4 + 2e^-$

(＋)　$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-$

$\longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$

全体　$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4$

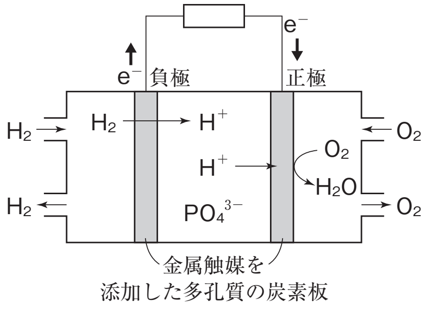
$\rightleftarrows 2PbSO_4 + 2H_2O$

放電するとH_2SO_4が減少し，H_2Oが増加するため，H_2SO_4aqの濃度は減少していき，密度が小さくなる。

また，外部電源に接続すると，充電できる。

このように充電できる電池を二次電池とよぶ。

④燃料電池



リン酸型

リン酸型　$(-)H_2\,|\,H_3PO_4aq\,|\,O_2(+)$

(−)　$H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$

(＋)　$O_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$

水酸化カリウム型　$(-)H_2\,|\,KOHaq\,|\,O_2(+)$

(−)　$H_2 + 2OH^- \longrightarrow 2H_2O + 2e^-$

(＋)　$O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$

水素の燃焼により放出されるエネルギーを電気エネルギーにして取り出す電池である。

(3) 電気化学の計算

流れた電気量は次のように表す。

電気量(C)＝電流(A)×時間(秒)
（C：クーロン）

また，電子1molの電気量が9.65×10^4 C/mol(ファラデー定数)であるため，

$$\frac{\text{電気量(C)}}{9.65 \times 10^4\text{(C/mol)}} = \text{流れた電子の物質量(mol)}$$

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第22講　演習問題

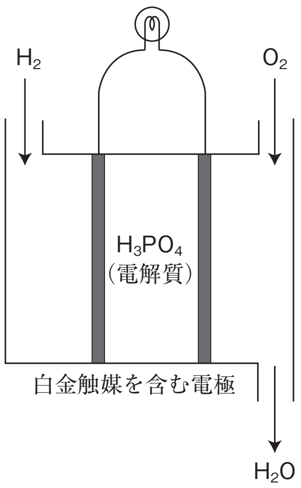
1　代表的な二次電池である鉛蓄電池は，正極にPbO_2，負極にPb，電解液に質量パーセント濃度が38.0%の希硫酸を用いており，放電すると両電極の表面に水に不溶な$PbSO_4$が形成される。原子量　H：1.0　O：16　S：32

(1)　正極および負極における放電時の反応を電子e^-を含むイオン反応式でそれぞれ示せ。

(2)　電流5.00Aで5時間21分40秒の放電を行ったとき，負極および正極の質量はそれぞれどれだけ増減するかを求めよ。ファラデー定数は9.65×10^4C/molとする。

(3)　放電前の希硫酸が1.00kgであった場合，上記の放電後の硫酸の質量パーセント濃度を求めよ。

2　〔Ⅰ〕　右の図はリン酸型燃料電池の模式図である。この燃料電池について，下記の問い(問1～4)に答えなさい。なお，標準状態(0℃，1.013×10^5Pa)で水素1molの体積を22.4L，ファラデー定数を9.65×10^4C/molとし，計算結果は有効数字3桁で記すこと。



問1　正極で起こる反応を，e^-を含むイオン反応式で表しなさい。ただし，係数は整数で記すこと。

問2　負極で起こる反応を，e^-を含むイオン反応式で表しなさい。ただし，係数は整数で記すこと。

問3　正極と負極で起こる反応を1つにまとめた反応式を記しなさい。ただし，係数は整数で記すこと。

問4　193mAで16分40秒間放電を行うとき，必要な水素の量は標準状態(0℃，1.013×10^5Pa)で何mLかを求めなさい。ただし，導入し　た水素はすべて電気に変換されるものとする。

2 〔Ⅱ〕 次の文を読み，下記の設問1～3に答えよ。

負極側では水素が，正極側には空気が供給され，それらの気体が多孔質の電極を通して水酸化カリウム水溶液と接触している燃料電池がある。この電池を作動させると，正極および負極で電極反応が進む。この電池を100mAで10時間作動させた。

1. 正極および負極で起こる反応を，それぞれ電子(e^-)を含むイオン反応式でしるせ。
2. 正極で還元された物質の物質量はいくらか。有効数字3桁でしるせ。
3. この電池で消費したのと同じ量の水素を燃焼させたときに得られる熱量は何kJか。有効数字3桁でしるせ。ただし，水素の燃焼熱は286kJ/molである。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第22講　確認テスト

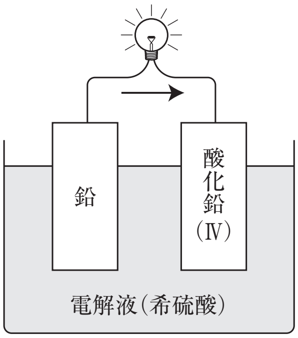
1　右の図に示す鉛蓄電池に関する記述(a)～(d)のうち，正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

(a)　電流は，図中の矢印の方向に流れる。

(b)　放電するとき，鉛は酸化され，酸化鉛(Ⅳ)は還元される。

(c)　放電すると，電解液の硫酸の濃度が小さくなっていく。

(d)　充電するときは，外部の直流電源の＋の端子を鉛の電極に，－の端子を酸化鉛(Ⅳ)の電極につないで電流を流す。



(1)　〔(a)，(b)〕　(2)　〔(a)，(c)〕　(3)　〔(a)，(d)〕　(4)　〔(b)，(c)〕

(5)　〔(b)，(d)〕　(6)　〔(c)，(d)〕　(7)　〔(a)，(b)，(c)〕　(8)　〔(a)，(b)，(d)〕

(9)　〔(a)，(c)，(d)〕　(10)　〔(b)，(c)，(d)〕

2　リン酸型の水素―酸素燃料電池で電流を取り出すとき，負極では水素が消費され，正極では酸素が消費される。この電池を回路につないで電流を流したところ，負極では水素が標準状態(0℃，1.01×10^5Pa)に換算して465mL消費された。このとき，回路を流れた電気量はいくらか。最も近いものを1つ選べ。ただし，気体は理想気体とし，ファラデー定数は9.65×10^4C/molとする。

①　1.0×10^3　②　2.0×10^3　③　3.0×10^3　④　4.0×10^3

⑤　5.0×10^3　⑥　6.0×10^3　⑦　7.0×10^3　⑧　8.0×10^3

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

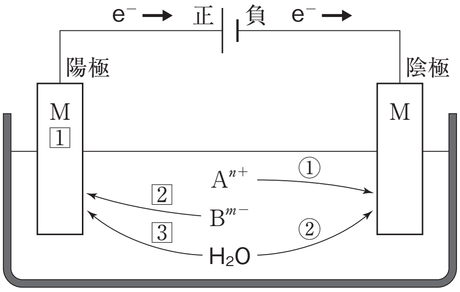
第23講　電気分解①

3　電気分解

自発的に反応が起こらない酸化還元反応を，電池を利用して強制的に進めていくのが電気分解である。

電池の負極から流れてくる電子と反応するのは何なのか，電池の正極に流れる電子を放出したのは何なのか，を考えながら，各極で起こる変化をとらえていこう。

(1)　各極の反応



陰極：電池の負極につないだ電極。

電池から放出される電子を受け取り，次のような還元反応が起こる。

①一般にイオン化傾向がZnより小さい金属(重金属)の陽イオンが還元され，金属の単体が生成する。

例：$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

②水素イオンや水が還元され，気体の水素が発生する。

例：$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$

$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$

陽極：電池の正極につないだ電極。

電池へ電子を送り込むため，次のような酸化反応が起こる。

1 電極(Pt，Au，C以外)が酸化され，陽イオンに変わる。

例：$Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

2 ハロゲン化物イオンが酸化され，ハロゲンの単体が生成する。

例：$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$

3 水酸化物イオンや水が酸化され，気体の酸素が発生する。

例：$4OH^- \longrightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$

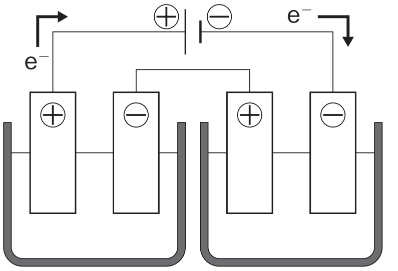
$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

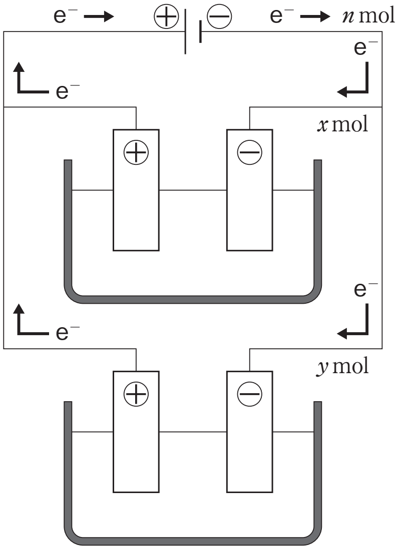
⑵　直列・並列

①　直列



全ての電極に同量の電子が流れる。

②　並列



電解槽ごとに流れる電子の量が異なる。

$$n = x + y$$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第23講　演習問題

1　次の各電気分解において，陽極と陰極で起こる化学変化を反応式で記せ。

①　希硫酸　(＋)Pt　(－)Pt

②　水酸化ナトリウム水溶液　(＋)Pt　(－)Pt

③　硫酸銅水溶液　(＋)Cu　(－)Cu

④　塩化ナトリウム水溶液　(＋)C　(－)Fe

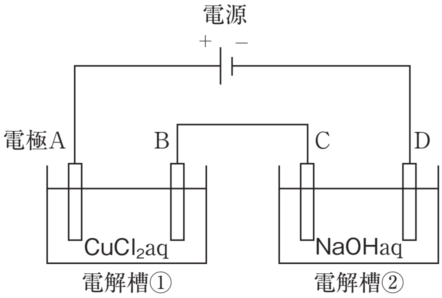
2　塩化銅(Ⅱ) $CuCl_2$ の水溶液を，白金電極を用いて，5.0Aの電流で32分10秒間電気分解を行った。次の設問に有効数字2桁で答えよ。ファラデー定数は 9.65×10^4 C/molとする。

原子量　Cu＝63.5

問1　流れた電子は何molか。

問2　両極で生じた物質量を求めよ。生じた物質が金属の場合は，質量(g単位)で，気体の場合は標準状態(0℃，1.013×10^5 Pa)における体積(L単位)で答えよ。

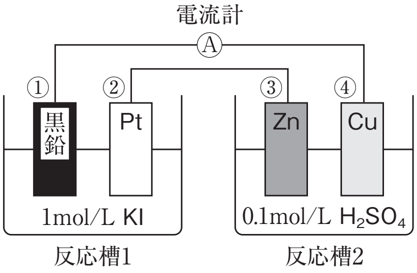
3　図のように，電源と2つの電解槽を直列に接続した実験装置がある。電解槽①には，塩化銅(Ⅱ)水溶液を入れ，炭素棒を電極とした。電解槽②には，薄い水酸化ナトリウム水溶液を入れ，白金板を電極とした。この回路に電源から一定電流を50分間流した。これに関して次の設問(1)，(2)に答えよ。ただし，各電極では1つの反応のみが起こり，流れた電流はすべてその反応に使われたものとする。原子量　H＝1.0　Cu＝63.5，ファラデー定数　9.65×10^4C/mol



(1)　電極Dでは気体が0.10g発生した。流した電流は何アンペアか。有効数字2桁で答えよ。

(2)　このとき，電極Bでは金属が析出した。ここで析出した金属の質量は何gか。有効数字2桁で答えよ。

4　図の反応槽1に炭素電極とPt電極をヨウ化カリウム(KI)1mol/Lの水溶液に浸したもの，および反応槽2にZn電極とCu電極を0.1mol/Lの希硫酸に浸したものを，図のように導線で接続した。原子量　Zn＝65.4



(1)　図中の電極①～④が，それぞれ0～3のどれにあたるか解答群から選べ。

解答群　0　正極　　1　陽極　　2　負極　　3　陰極

(2)　図の電極②から標準状態(0℃，1.013×10^5Pa)で0.920Lの気体が発生した。このとき，電極③の質量は［ア］。また，電極④の質量は［イ］。電極③の質量変化は［ウ］gである。［ア］と［イ］に最も当てはまる状態を，［ウ］に最も近い数値をそれぞれ解答群から選べ。

アとイの解答群　0　増加する　　1　減少する　　2　かわらない

ウの解答群	0　0.670	1　1.34	2　2.69	3　3.36
	4　4.03	5　4.70	6　5.37	7　0.00

5　次の文を読み，以下の設問に答えよ。

並列に接続された電解槽Ａと電解槽Ｂの中の溶液を，陽極，陰極ともに白金電極を用いて電気分解した。電解槽Ａには硫酸銅水溶液，電解槽Ｂには水酸化ナトリウム水溶液が入っている。全電流（電解槽ＡとＢに流れた電流の和）1.0アンペアを1.0分間流したところ，どちらの電解槽からも気体が発生し，電解槽Ａの陰極に金属が析出した。また，電解槽Ｂから発生した気体の体積は，電解槽Ａから発生した気体の体積の2.0倍であった。ただし，電解槽Ａの陰極からの気体発生はなく，また発生した気体は溶液には溶解しないものとする。原子量はH 1，O 16，Na 23，Cu 64とし，ファラデー定数は9.6×10^4C/molとする。

(1)　電解槽Ａに流れた電気量は，電解槽Ｂに流れた電気量の何倍か。有効数字２桁で記せ。

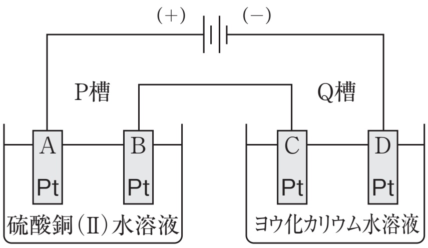
(2)　電解槽Ａの陰極に析出した金属の質量(g)を求め，有効数字２桁で記せ。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第23講　確認テスト

1　次の文章を読んで，下の問1〜5に答えよ。ただし，気体はすべて理想気体として扱えるものとする。

右図のように，電極A〜Dに白金を用いた装置で，ある一定の電流を通じ，32分10秒間電気分解を行ったところ，電極Aから［(a)］が，電極Dから［(b)］が気体として発生し，電極Bには［(c)］が析出した。電極Dから発生した気体は標準状態(0℃，1.013×10^5Pa)で1.12Lであった。ファラデー定数は9.65×10^4C/molとする。Cuの原子量63.5とする。



問1　電極A〜Dで起こる反応の組み合わせとして，最も適切なものを表の(ア)〜(カ)の中から一つ選べ。

	A	B	C	D
(ア)	酸化	酸化	還元	還元
(イ)	還元	還元	酸化	酸化
(ウ)	酸化	還元	酸化	還元
(エ)	還元	酸化	還元	酸化
(オ)	酸化	還元	還元	酸化
(カ)	還元	酸化	酸化	還元

問2　文章中の空欄(a)〜(c)にあてはまる最も適切な語句を，下の(ア)〜(カ)の中から，それぞれ一つずつ選べ。

(ア)　水素　　(イ)　酸素　　(ウ)　ヨウ素　　(エ)　銅

(オ)　硫黄　　(カ)　二酸化硫黄

問3　通じた電気量は何Cか。次の(ア)〜(カ)の中から最も近い値を一つ選べ。

(ア)　9.65×10^2　　(イ)　3.86×10^3　　(ウ)　5.56×10^3

(エ)　9.65×10^3　　(オ)　1.54×10^4　　(カ)　1.93×10^4

問4　一定電流は何Aか。次の(ア)〜(カ)の中から最も近い値を一つ選べ。

(ア)　1.00　　(イ)　2.00　　(ウ)　3.00　　(エ)　4.00　　(オ)　5.00　　(カ)　6.00

問5　電極Bに析出した物質は何gか。次の(ア)〜(カ)の中から最も近い値を一つ選べ。

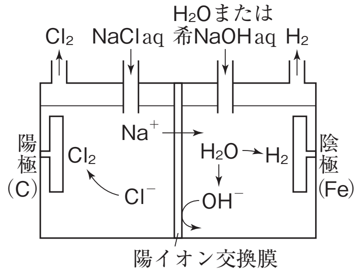
(ア)　3.18　　(イ)　6.35　　(ウ)　9.53　　(エ)　12.7　　(オ)　15.9　　(カ)　19.1

第24講　電気分解②

3　電気分解

(3)　電気分解を利用した工業的製法

①　水酸化ナトリウムの製法



陽極に炭素電極と塩化ナトリウム水溶液，陰極に鉄と希水酸化ナトリウム水溶液を用い，両極を陽イオン交換膜で仕切って電気分解を行う。

$(+)2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$

$(-)2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$

陽イオン交換膜を使用するのは，陽極で発生する塩素と陰極で発生する水酸化ナトリウムが混合し，反応するのを防ぐためである。

もし，隔膜を使用しなければ，

$2NaOH + Cl_2 \longrightarrow NaCl + NaClO + H_2O$

の中和反応が起こり，水酸化ナトリウムが消費されてしまう。

②　銅の電解精錬

粗銅を陽極に，純銅を陰極に硫酸銅水溶液を電気分解する。

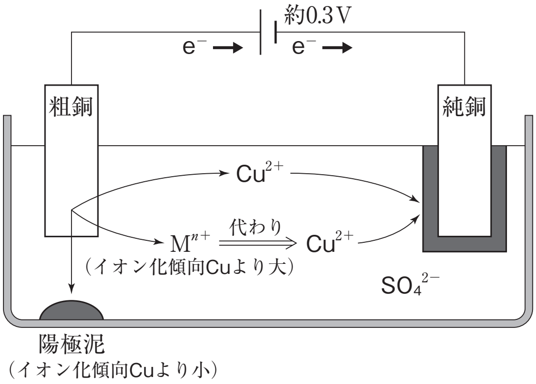
$(+)Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

不純物

イオン化傾向がCuより大→陽イオンとして溶け出す。
ただし，PbはPbSO$_4$として沈殿する。

イオン化傾向がCuより小→陽極泥として陽極の下に沈殿する。

$(-)Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$



ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

③　軽金属の製法

水溶液を電気分解しても，軽金属の単体は得られないため，融解液を電気分解する。

例：アルミニウムの製法

両極に炭素電極を用いて，酸化アルミニウムの融解液を電気分解する。酸化アルミニウムの融点は約2000℃と高いため，融点降下剤として氷晶石$Na_3[AlF_6]$を用いて融解させる。

（＋）$C + 2O^{2-} \longrightarrow CO_2 + 4e^-$

$C + O^{2-} \longrightarrow CO + 2e^-$

（－）$Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al$

⇒陽極で酸素が発生しないことに注意しよう。

☆各極の反応式が書ければ，計算問題も正誤問題等もきちんと正解できる。各極の反応式がすらすら書けるように練習しよう。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第24講　演習問題

1　次の文章を読み，設問(1)～(3)に答えなさい。ファラデー定数は9.65×10^4C/molとする。

水酸化ナトリウムは塩化ナトリウム水溶液を電気分解することで作られる。図は，イオン交換膜法により水酸化ナトリウム水溶液を作る実験装置を模式的に表したものである。

いま，陽イオン交換膜で仕切られた右側の室(陰極室)に鋼製の陰極板を，左側の室(陽極室)に炭素製の陽極板を設置し，あらかじめ陰極室に濃度5.00×10^{-3}mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を，陽極室に飽和食塩水をそれぞれ500mL満たしている。

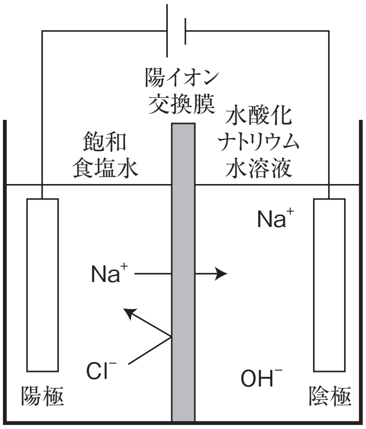


図　イオン交換膜法の模式図

次に，実験装置に直流の電流を流すと，陽極と陰極で電気分解反応が起こり，これと同時に，陽極室から陰極室にむけて陽イオン交換膜を通してNa^+のみが，陽極室と陰極室における電荷の増減をうち消すように移動する。

(1)　この実験における電気分解反応を正しく記述するために，次の[ア]～[オ]にあてはまる化学式(係数も含む)を書きなさい。

(陽極)　[ア] ⟶ [イ] ＋$2e^-$

(陰極)　[ウ] ＋$2e^-$ ⟶ [エ] ＋ [オ]

(2)　いま，0.200Aの電流で80分25秒間電気分解を行った。実験を通して流れた電気量は何Cかもとめなさい。なお，計算結果は有効数字3桁で記しなさい。

(3)　(2)の条件で電気分解を行った後に得られる水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度(mol/L)を有効数字3桁でもとめなさい。ただし，陽極および陰極を流れる電流のすべてが電気分解反応に使われ，実験前後における溶液の体積変化は無視できるとする。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　次の文章を読み，以下の(i)～(iii)の問いに答えよ。

天然に単体として存在する金属は，イオン化傾向の［ア］白金や金など少数である。多くの金属は酸化物や硫化物などの化合物として存在する。これらの化合物から金属の単体を取り出すことを金属の製錬という。

銅の製錬：銅の鉱石を還元すると粗銅が得られる。［イ］極に粗銅，［ウ］極には純銅板を用いて，硫酸酸性の硫酸銅(Ⅱ)水溶液中で電解精錬すると，粗銅に含まれる銅は，［ウ］極に純銅として析出する。

アルミニウムの製錬：ボーキサイトを濃い水酸化ナトリウム水溶液に溶かし，不溶性の不純物をろ別する。得られたろ液を水で希釈してかくはんすると白色の沈殿が生成する。生じた沈殿を高温で加熱するとアルミナとなる。アルミナを氷晶石とともに融解させた後，炭素電極を用いて融解塩電解を行うと，アルミニウムは［エ］極に析出する。

アルミニウムはイオン化傾向が［オ］金属であるにもかかわらずさびにくい。これは空気中で酸化物の被膜が表面にでき，金属と空気とが直接接触しないようになるからである。

(i)　文章中の［ア］～［オ］に当てはまる適切な語句を答えよ。
なお，［ア］および［オ］については，「大きい」または「小さい」のうち適切なものを記し，［イ］，［ウ］，［エ］については，「陽」または「陰」のうち適切なものを答えよ。

(ii)　銅の電解精錬において，不純物として金，銀，亜鉛，鉛を含む粗銅を用いた場合，一つの金属のみが塩を生じて反応槽中に沈殿する。この塩の化学式を答えよ。

(iii)　銅の電解精錬において60.0分間に127gの純銅を得るために必要な電流の平均値〔A〕を有効数字3桁で求めよ。ただし，流れた電流はすべて銅の溶解・析出に使われ，気体は発生しないものとする。ファラデー定数は9.65×10^4C/molとする。原子量　Cu＝63.5

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第24講　確認テスト

1　銅に関する次の文章を読み，問に答えよ。

銅は，黄銅鉱を溶鉱炉や転炉で空気を吹き込みながら加熱して得られるが，これは粗銅とよばれ，さらに純度の高い銅を得るためには粗銅と純銅を電極とした電解精錬が用いられる。

問１　粗銅の電解精錬によって不純物の一部は陽極泥となる。次の金属のうち，陽極泥に含まれるものを二つ選べ。

1. Fe　2. Ni　3. Zn　4. Ag　5. Au

問２　銅の電解精錬において１時間に50gの純銅を得るには，何Aの電流を流せばよいか。最も近い値を選べ。ただし，ファラデー定数は$F=9.65\times10^4$C/molとし，原子量はCu＝63.5とする。

1. 2.1　2. 4.2　3. 6.3　4. 8.4　5. 10.5
6. 21　7. 42　8. 63　9. 84　0. 105

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

テキスト解答

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第13講　演習問題

1　(1)　2.25×10^{-10}(mol/L)^2

　(2)　2.25×10^{-8}(mol/L)

2　1. (1)　イ　　(2)　ウ　　(3)　イ　　(4)　ア

　2. (1)　1.0×10^{-4}(mol/L)　　(2)　1.3×10^{-14}(mol/L)

　3. ZnS

　4. (ロ)

　5. (イ)

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第14講　演習問題

1　1.　a　　2.　窒素：43mg　　酸素：33mg

2　問1　(a)　大き　　(b)　分子間力　　(c)　小さ　　(d)　反応

問2　9.0mg

問3　(1)　1.3×10^{-3}mol または 1.4×10^{-3}mol

(2)　1.6mL

3　標準状態(0℃，1.013×10^{5}Pa)での体積：66mL　　この条件下での体積：22mL

第15講　演習問題

1

〔Ⅰ〕問１　②

問２　0.74℃

問３　1.65℃

〔Ⅱ〕問１　ⅲ，ⅳ，ⅴ

問２　t_3

問３　t_1-t_3

問４　過冷却

問５　イ

問６　エ

2

問１　$(1+2\alpha)\ xN_A$ 個

問２　$\dfrac{1+2\alpha}{2}$

問３　$98H$Pa

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第16講　演習問題

1　H_2O，NH_4^+

2　(Ⅰ)　(B)＜(C)＜(A)

(Ⅱ)　(1) 4.7　　(2)　25 倍

3　問 1　③

問 2　⑤

問 3　④

4　b

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第17講　演習問題

1　問１　6.30g

問２　(A)　メスフラスコ　(B)　ホールピペット　(C)　ビュレット

問３　0.204mol/L

問４　0.792％

2　問１　1.12L

問２　a

3　1　⑦　2　⑨

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第18講　演習問題

1　(a)　2.57　(b)　3.7×10^{-10} mol/L　(c)　8.85　(d)　4.27

2　問1　電離度…1.0×10^{-2}，pH…11.3

問2　9.6

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第19講　演習問題

1　ウ

2　④

3　②，⑤

4　問１　1：活性化　　2：触媒　　3：還元　　4：酸化

問２　(a)　$2KMnO_4 + 5H_2O_2 + 3H_2SO_4 \longrightarrow 2MnSO_4 + 5O_2 + 8H_2O + K_2SO_4$

(b)　$H_2O_2 + 2KI + H_2SO_4 \longrightarrow I_2 + 2H_2O + K_2SO_4$

問３　(1)　4.9×10^{-1} L

(2)　5.1g

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第20講　演習問題

1
(1)　塩酸は還元剤として過マンガン酸カリウムと反応し，正確な滴定を行うことができないため。
(2)　滴下した過マンガン酸カリウムの赤紫色が消えずに残る点。
(3)　0.0200mol/L
(4)　1.00mol/L

2
問1　ア：(3)　　イ：(2)　　ウ：(9)　　エ：(15)
問2　空気中の酸素が溶解するのを防ぐため。
問3　8.0×10^{-2}mol/L

3
問1　［ア］　$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$
［イ］　$C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2CO_2 + 2e^-$
［ウ］　ホールピペット
［エ］　ビュレット
［オ］　赤
問2　2.4mg/L
問3　a，c

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第21講　演習問題

1
問1　ア：起電力　イ：負　ウ：正　エ：放電

問2　A：銅　B：亜鉛　C：硫酸銅(Ⅱ)水溶液　D：硫酸亜鉛水溶液

問3　A：$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

B：$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

問4　両極の水溶液の混合を防ぎ，電気的中性を保つために必要なイオンを通過させる。

2
問1　ア：③　イ：④　ウ：⑩　エ：⑨

問2　$Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$

問3　1.60分

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第22講　演習問題

1 (1) 正極　$PbO_2+SO_4^{2-}+4H^++2e^- \longrightarrow PbSO_4+2H_2O$

負極　$Pb+SO_4^{2-} \longrightarrow PbSO_4+2e^-$

(2) 正極　32.0g 増加　　負極　48.0g 増加

(3) 30.7%

2

〔Ⅰ〕 問１　$O_2+4H^++4e^- \longrightarrow 2H_2O$

問２　$H_2 \longrightarrow 2H^++2e^-$

問３　$2H_2+O_2 \longrightarrow 2H_2O$

問４　22.4mL

〔Ⅱ〕 1　正極　$O_2+2H_2O+4e^- \longrightarrow 4OH^-$

負極　$H_2+2OH^- \longrightarrow 2H_2O+2e^-$

2　9.33×10^{-3}mol

3　5.33kJ

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第23講　演習問題

1

① （＋）$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$　（－）$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$

② （＋）$4OH^- \longrightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$　（－）$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$

③ （＋）$Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$　（－）$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

④ （＋）$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$　（－）$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$

2

問１　0.10mol

問２　陽極：0.050mol　1.1L　　陰極：0.050mol　3.2g

3

⑴　3.2 アンペア

⑵　3.2g

4

⑴　①　1　　②　3　　③　2　　④　0

⑵　ア：1　　イ：2　　ウ：2

5

⑴　1.5 倍

⑵　1.2×10^{-2} g

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第24講　演習問題

1

(1) ア：$2Cl^-$　イ：Cl_2　ウ：$2H_2O$　エ：H_2　オ：$2OH^-$

※エとオは順不同

(2) 9.65×10^2C

(3) 2.50×10^{-2}mol/L

2

(i) ア：小さい　イ：陽　ウ：陰　エ：陰　オ：大きい

(ii) $PbSO_4$

(iii) 107A

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

確認テスト解答

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第13講　確認テスト

1　問1　b　　問2　b

【解説】

問1　飽和溶液では［Ag^+］［Cl^-］＝K_{sp} が成立しているため，

$$[Ag^+] = \frac{K_{sp}}{[Cl^-]} = \frac{1.8\times10^{-10}}{0.1} = 1.8\times10^{-9}\,(\text{mol/L})$$

問2　$[Cl^-] = 1.0\times10^{-2}\times\frac{1000}{100} = 1.0\times10^{-1}$ (mol/L)

$[Br^-] = 1.0\times10^{-4}\times\frac{1000}{100} = 1.0\times10^{-3}$ (mol/L)

AgCl の沈殿が生じる瞬間の Ag^+ の濃度は，

$$[Ag^+] = \frac{K_{sp}}{[Cl^-]} = \frac{1.8\times10^{-10}}{1.0\times10^{-1}} = 1.8\times10^{-9}\,(\text{mol/L})$$

AgBr の沈殿が生じる瞬間の Ag^+ の濃度は，

$$[Ag^+] = \frac{K_{sp}}{[Br^-]} = \frac{5.2\times10^{-13}}{1.0\times10^{-3}} = 5.2\times10^{-10}\,(\text{mol/L})$$

以上より，AgBr が先に沈殿し，その後 AgBr とともに AgCl が沈殿する。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第14講　確認テスト

1　問１　(7)　　問２　(8)　　問３　(8)

【解説】

問１　温度が高くなると，気体分子の熱運動が激しくなり，水中の気体が気相へ飛び出ていくため，気体の溶解度は小さくなる。また，気体の溶解度は気体の圧力（分圧）に比例する。

問２　アンモニア NH_3 と塩化水素 HCl は水に非常によく溶けるため，ヘンリーの法則が成立しない。

問３　物質量は圧力に比例するため，$3n$(mol)

その圧力下での体積は，圧力に比例しないので V(L)

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第15講　確認テスト

1　問1　a　　問2　(1)　a　　(2)　d　　問3　(1)　a　　(2)　c

【解説】

問2　グルコース $C_6H_{12}O_6$（分子量180）水溶液の濃度は

$$\frac{1.80}{180}\times\frac{1000}{100}=0.10\text{mol/kg}$$

であり，沸点上昇度が0.0515Kである。

(1)　尿素 $(NH_2)_2CO$（分子量60）水溶液は

$\frac{3.0}{60}=0.05$mol/kgであるため，沸点上昇度は

$0.0515\times0.5=\underline{0.02575\text{K}}$

(2)　硫酸ナトリウム Na_2SO_4（分子量142）水溶液中のイオンの濃度は

$$\frac{7.10}{142}\times\underline{3}\times\frac{1000}{500}=0.30\text{mol/kg}$$

よって沸点上昇度は

$0.0515\times3=\underline{0.1545\text{K}}$

問3　イオンの濃度を考えると，

a：0mol/kg　　b：$0.1\times2=0.2$mol/kg　　c：$0.1\times3=0.3$mol/kg

d：0.1mol/kg　　e：0.1mol/kg

(1)　蒸気圧は濃度に比例して降下するため，濃度が高いほど蒸気圧は低くなる。よって，濃度の低いものが蒸気圧の高いものであり，aである。

(2)　沸点は濃度に比例して上昇するため，濃度が高いほど沸点は高くなる。よってcとなる。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第16講　確認テスト

1　ウ

【解説】

CO_3^{2-}イオンはH^+を受け取ってHCO_3^-イオンになるため塩基として働くが，H^+を放出することはできないため酸にはなれない。

2　②

【解説】

中和に必要な水酸化ナトリウム水溶液を vmL とすると，中和点での量的関係より，

$$0.20 \times 20 \times 2 + 0.20 \times 20 \times 1 = 0.50 \times v \times 1$$

$$v = 24\text{mL}$$

3　d

【解説】

$$[H^+] = 0.1 \times 1 \times \alpha = 1.0 \times 10^{-4}$$

$$\alpha = 10^{-3}$$

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第17講　確認テスト

1　(1)　①　エ　②　ア　③　オ　(2)　イ　(3)　エ　(4)　ウ　(5)　イ

【解説】

(3)　弱酸と強塩基の中和反応であるため，中和点は塩基性域になり，フェノールフタレインが適切である。

(4)　弱酸に強塩基を滴下しているため，pH3 程度から pH 曲線が始まり，pH12 ～ 13 に近づいていくグラフが適切である。

(5)　酢酸水溶液のモル濃度を $x$mol/L とすると，中和点での量的関係により，

$$x \times 10.0 \times 1 = 0.0800 \times 12.5 \times 1$$

$$\underline{x = 0.100\text{mol/L}}$$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第18講　確認テスト

1　④

【解説】

近似的な α を求めてみると，

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}} = \sqrt{\frac{2.8\times10^{-5}}{0.070}} = 2\times10^{-2} < 0.05$$

よって近似が可能である。

$$[H^+] = \sqrt{CK_a} = \sqrt{0.070\times2.8\times10^{-5}} = 14\times10^{-4}\,\text{mol/L}$$

よって pH＝ 4 − $\log_{10}14$＝ 4 − 1.15＝2.85

2　問1　d　　問2　d

【解説】

問1　緩衝溶液の公式より

$$[H^+] = K_a\times\frac{C_a}{C_s} = 2.0\times10^{-5}\times\frac{0.10}{0.10} = 2.0\times10^{-5}\,\text{mol/L}$$

よって　pH＝ 5 − $\log_{10}2$ ＝ 5 − 0.30＝ 4.7

問2　緩衝溶液は「弱酸とその塩」もしくは「弱塩基とその塩」の混合溶液である。よって d のアンモニア（弱塩基）と塩化アンモニウム（弱塩基の塩）が適切である。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第19講　確認テスト

1　問1　反応前　⑥　　反応後　③

　問2　⑧

　問3　①，④

【解説】

問1　$Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+}$

問2　半反応式は $SO_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O + S$ となる。

問3　酸化数を確認してもよいが，代表的な酸化剤還元剤ばかりなので，即答したい。

A：ヨウ化カリウムが還元剤なので，このときの過酸化水素は酸化剤である。

B：二クロム酸カリウムが酸化剤であるため，このときの過酸化水素は還元剤である。

C：硫化水素は還元剤である。

D：二酸化硫黄は通常還元剤であるため，このときの過酸化水素は酸化剤である。

E：過マンガン酸カリウムは酸化剤であるため，このときの二酸化硫黄は還元剤である。

F：過マンガン酸カリウムは酸化剤であるため，このときの過酸化水素は還元剤である。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第20講　確認テスト

1　㋐

【解説】

はかり取ったシュウ酸二水和物は

$$\frac{0.630}{126}=0.005\text{mol}$$

であり，このうち$\frac{10}{100}$を実験に使用した。

過マンガン酸カリウム水溶液の濃度を$x$mol/L とすると，シュウ酸は2価の還元剤，過マンガン酸カリウムは5価の酸化剤であるため（半反応式を書いてみよう），

$$0.005\times\frac{10}{100}\times 2=x\times\frac{20.0}{1000}\times 5$$

$$x=0.0100\text{mol/L}$$

※硫酸は「硫酸酸性」のために使用しており，酸化還元反応には関与しないことに注意しよう。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第21講　確認テスト

1　問１　(カ)　　問２　(エ)　　問３　(ア)　　問４　(イ)

【解説】

問２　イオン化傾向の大きい亜鉛が負極，小さい銅が正極である。

問３　$\dfrac{3860}{96500} \times \dfrac{1}{2} \times 63.5 = 1.27\text{g}$

問４　亜鉛と銅に比べて，ニッケルと銅ではイオン化傾向の差が小さくなるため，起電力も小さくなる。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第22講　確認テスト

1　(4)

【解説】

(a)　電子は負極から正極，電流は正極から負極へ流れる。よって誤り。

(b)　鉛は負極なので酸化され，酸化鉛(Ⅳ)は正極なので還元される。

(c)　硫酸が減少し，水が増加するため，希硫酸の濃度は小さくなっていく。

(d)　放電とは逆向きに電子を流すため，外部電源の負極を鉛に，外部電源の正極を酸化鉛(Ⅳ)につなぐ。

2　④

【解説】

負極では

$$H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$$

の反応が起こるため，

$$\frac{465 \times 10^{-3}}{22.4} \times 2 \times 9.65 \times 10^4 = \underset{\sim\sim\sim\sim\sim\sim\sim\sim}{4.00 \times 10^3 \mathrm{C}}$$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第23講　確認テスト

1　問1　(ウ)　　問2　(a)　(イ)　　(b)　(ア)　　(c)　(エ)

問3　(エ)　　問4　(オ)　　問5　(ア)

【解説】

問1　電極Aは電池の正極とつながっているため，陽極。よって電極Bは陰極。

電極Dは電池の負極とつながっているため，陰極。よって電極Cは陽極。

陽極では酸化，陰極では還元が起こる。

問2　各極の反応式は以下のようになる。

電極A：$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 2e^-$

電極B：$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

電極C：$2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-$

電極D：$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$

問3　水素が1.12L発生したことから，流れた電子の物質量は

$$\frac{1.12}{22.4} \times 2 = 0.100\text{mol}$$

であり，$0.100 \times 9.65 \times 10^4 = 9.65 \times 10^3$C

問4　電流をx(A)とすると，

$$x \times (32 \times 60 + 10) = 9.65 \times 10^3$$

$$x = \underline{5.00\text{(A)}}$$

問5　析出する銅は

$$0.100 \times \frac{1}{2} \times 63.5 = \underline{3.175\text{g}}$$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第24講　確認テスト

1　問１：4，5　　問２：7

【解説】

問１　イオン化傾向が銅より小さい金属を選ぶ。

問２　負極では

$$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$$

の反応が起こる。

電流を x(A) とすると，

$$x \times \frac{3600}{9.65 \times 10^4} \times \frac{1}{2} \times 63.5 = 50$$

$$x = 42.2\,(\mathrm{A})$$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

Ⓒ RECRUIT
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。